Th. Landsberg

DER BRÜCKENBAU

DER

BRÜCKENBAU.

Hölzerne Brücken. Wasserleitungs- und Kanalbrücken. Die Kunstformen des Brückenbaues.

Bearbeitet von

R. Baumeister, Dr. F. Heinzerling, F. Lorey,

herausgegeben von

Th. Landsberg,

Geh. Baurat, ord. Professor der Ingenieurwissenschaften und Baukunde an der Techn. Hochschule in Darmstadt,

begründet von

Dr. Th. Schäffer, Geheimerat in Darmstadt.

und

Ed. Sonne, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.

Vierte vermehrte Auflage.

Mit 215 Textabbildungen, vollständigem Sachregister und 11 lithographierten Tafeln.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1904

Vorwort zur vierten Auflage.

Der zweite Band des Brückenbaues, dessen vierte Auflage hiermit der Öffentlichkeit übergeben wird, umfafst drei Kapitel, welche in den früheren Auflagen mit dem ersten Bande zu einer Abteilung vereinigt waren. Diese drei Kapitel sind auch in der neuen Auflage von den bewährten bisherigen Verfassern bearbeitet und zwar die Holzbrücken von dem Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Heinzerling in Aachen, die Wasserleitungs- und Kanalbrücken von dem Regierungsbaumeister Lorey in Bernburg a. S., die Kunstformen des Brückenbaues von dem Oberbaurat Prof. Baumeister in Karlsruhe. Text und Abbildungen sind vermehrt, insbesondere sind die Bauwerke berücksichtigt, welche in neuester Zeit ausgeführt worden sind.

Möge dieser Band gleich freundliche Aufnahme finden, wie die bisher herausgegebenen Bände.

Darmstadt, im November 1904.

Th. Landsberg.

Inhalts-Verzeichnis

I. Kapitel.

Hölzerne Brücken.

Bearbeitet von Dr. F. Heinzerling, Königlicher Baurat und Geheimer Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.

(Hierzu Tafel I bis V und 102 Textabbildungen.)

Seite

§ 1. Einleitung 1
§ 2. Angreifende Kräfte 6
§ 3. Material und Materialwiderstände 7
§ 4. Die Verkehrsbahn der hölzernen Brücken 11
§ 5. Die Balkenbrücken mit einfachen und zusammengesetzten Balken 16
§ 6. Verstärkte Balkenbrücken 23
§ 7. Die Hängewerkbrücken 29
§ 8. Die Hängesprengwerkbrücken 34
§ 9. Die Fachwerkbrücken 36
§ 10. Die Joche der Balken-, Hängewerk- und Fachwerkbrücken 53
§ 11. Die Fachwerkpfeiler 57
§ 12. Die Sprengwerkbrücken 61
§ 13. Die Pfeiler der Sprengwerkbrücken 73
§ 14. Die Bogenbrücken 76
§ 15. Gerüstbrücken, Kriegsbrücken und andere zeitweilige Brücken 78
§ 16. Ausführung der hölzernen Brücken 87
§ 17. Prüfung und Beobachtung der hölzernen Brücken 93
§ 18. Die Unterhaltung der hölzernen Brücken 95
§ 19. Kosten der hölzernen Brücken 96
Literatur 99

II. Kapitel.

Wasserleitungs- und Kanalbrücken.

Bearbeitet von Fritz Lorey, Regierungsbaumeister in Bernburg a. S.

(Hierzu Tafel VI und 54 Textabbildungen.)

§ 1. Einleitung 102
§ 2. Allgemeines 103
§ 3. Steinkonstruktionen 106
§ 4. Holzkonstruktionen 116
§ 5. Eisenkonstruktionen 118
§ 6. Betoneisenkonstruktionen 129

III. Kapitel.

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Bearbeitet von R. Baumeister, Oberbaurat und Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

(Hierzu Tafel VII bis XI und 59 Textabbildungen.)

A. Ästhetische Beziehungen im allgemeinen.

Seite

§ 1. Verhältnis zwischen Technik und Kunst 131
§ 2. Ausbildung des Bauwerkes 132
§ 3. Ausbildung der Baukonstruktion 138
§ 4. Kernform und Kunstform 140
§ 5. Einfluſs des Baustoffes 143
§ 6. Färbung der Bauten 148
§ 7. Brückengattungen 150

B. Torbrücken.

§ 8. Anwendbarkeit der Kunstidee von Torbrücken 152
§ 9. Gestaltung des Vollkörpers 155
§ 10. Gestaltung des Rahmens 158

C. Wandbrücken.

§ 11. Gliederung der Mittelpfeiler 159
§ 12. Formen der Widerlager 162
§ 13. Tragwände 164
§ 14. Sonstige Bestandteile am Überbau 167
§ 15. Portale 170
§ 16. Pilonen von Hängebrücken 181

D. Tragbrücken.

§ 17. Aufriſs steinerner Mittelpfeiler 185
§ 18. Grundriſs steinerner Mittelpfeiler 189
§ 19. Vorköpfe 193
§ 20. Pfeileraufsätze 196
§ 21. Eiserne Pfosten und Pfeiler 201
§ 22. Widerlager 204
§ 23. Gruppenpfeiler und Widerlagspfeiler 209
§ 24. Tragbögen 211
§ 25. Bogenzwickel 215
§ 26. Hauptgesims und Brückenbahn 219
§ 27. Brücken mit mehreren Stockwerken 223
§ 28. Brücken-Eingänge und Abschnitte 225

E. Geländer.

§ 29. Wandgeländer 233
§ 30. Gittergeländer 237
§ 31. Bogengeländer 238
§ 32. Stabgeländer 239
§ 33. Füllungsgeländer 240
§ 34. Geländerabschnitte 245

Sachregister 248

I. Kapitel.

Hölzerne Brücken.

Bearbeitet von

Dr. F. Heinzerling,

Königlicher Baurat und Geheimer Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen.

(Hierzu Tafel I bis V und 102 Textabbildungen.)

---

§ 1. Einleitung. Bevor das Eisen als Hauptbaustoff für die Überbauten in den Brückenbau eingeführt war, wurde in Deutschland das Holz auch zu endgiltigen Strafsen- und Eisenbahnbrücken, vom Jahre 1850 ab aber — nachdem die aus den technischen Vereinbarungen deutscher Eisenbahnverwaltungen hervorgegangenen Grundzüge zur Gestaltung der Eisenbahnen Deutschlands hölzerne Brücken bei Haupteisenbahnen als nur ausnahmsweise zulässig erklärt hatten — wird es hauptsächlich zu einstweiligen Eisenbahnbrücken, Arbeits- und Materialtransportbrücken, Lehr- und Versetzgerüsten, Not- und Kriegsbrücken verwendet, während es zu endgiltigen Strafsenbrücken und Eisenbahnbrücken in holzreichen Ländern, wie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, Rufsland, England, Norwegen, Schweden und Österreich, noch mehrfach Anwendung fand und findet. Die in neuerer Zeit angestellten Versuche, das Holz wieder mehr zu Dauerbauten geeignet zu machen, indem man es durch besondere Behandlung widerstandsfähiger gegen Fäulnis und Brennbarkeit macht, haben bis jetzt einen durchschlagenden Erfolg nicht gehabt.

Erwägt man, welche von den angewendeten Konstruktionssystemen die geeignetsten seien[1]), so sind unter den verstärkten Balkenträgern nach neueren Versuchen[2]) die sogenannten Klötzelträger und verzahnten Träger den verdübelten Trägern vorzuziehen. Hierbei verdient bei Eisenbahnbrücken die obenliegende Bahn vor der unter oder zwischen den Trägern liegenden Bahn den Vorzug. Unter den gegliederten Balkenträgern hat der Howe'sche Fachwerkträger früher die weiteste Verbreitung gefunden. Unter den neueren Systemen der hölzernen Fachwerkträger haben die Systeme von Pintowski und Ibjanski mit geeigneten hölzernen Zug- und Druckstäben in Galizien Eingang gefunden, während die Träger nach dem System Rychter auf Zug beanspruchte hölzerne Pfosten in Verbindung mit einfachen gedrückten Diagonalen erhalten sollen.[3]) Unter den hölzernen Brücken mit massiven oder gegliederten Balkenträgern haben diejenigen den Vorzug der gröfseren Dauer, bei welchen die Träger unter der Brückenbahn an-

---

[1]) Vergl. hierzu die technische Entwickelung der hölzernen Brücken im I. Kap., Bd. 1 dieses Teiles.

[2]) Zerbrechversuche mit hölzernen Eisenbahnprovisorien. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891.

[3]) Hölzerne Gitterbrücken in Galizien, a. a. O. 1897.

geordnet und hierdurch möglichst vor Nässe geschützt sind, sowie diejenigen mit über der Brückenbahn befindlichen Trägern, welche durch dichte Bedachungen und geeignete Schutzbretter auch gegen Schlagregen geschützt werden. Der längeren Dauer wegen sind ferner die Brücken mit von unten gestützten denjenigen mit aufgehängten Brückenbahnen vorzuziehen. Unter den gestützten Brücken aus geraden Hölzern sind die Sprengwerkbrücken bei hinreichender Konstruktionshöhe, nicht allzu grofsen Spannweiten und da, wo künstliche, aus Mauerwerk bestehende Widerlager mit luftigen Stützpunkten billig geschaffen werden können, sehr wohl anwendbar. Unter den Bogenbrücken erscheinen die aus gekrümmten Balken hergestellten zur Überbrückung von Öffnungen mit grofser Spannweite und reichlicher Konstruktionshöhe, sowie mit natürlichen festen Widerlagern, insbesondere für Strafsenbrücken, als die vergleichsweise geeignetsten. Hierbei werden die gekrümmten Balken entweder dicht aufeinandergelegt, verdübelt und verschraubt, oder durch stellenweise eingeschaltete Zwischenklötze auseinandergehalten, in beiden Fällen aber durch radiale Zangen mit den die Bogenscheitel tangierenden Streckbalken verbunden. An Stelle der Radialzangen trat später zwischen Bogen und Streckbalken eine Aussteifung durch Fachwerk oder ein Fachwerk wurde zwischen zwei gekrümmte Bogengurte so eingeschaltet, dafs der Bogenfachwerkträger die Brückenbahn mittels lotrechter Pfosten unterstützt. Die Hängewerkbrücken, welche man früher namentlich in der Schweiz und in Bayern häufig angewendet hat, sind wegen der notwendigen Beschränkung auf zwei, höchstens drei Hauptträger schwierig standfähig herzustellen und deshalb seitlich abzusteifen; wegen der stets mangelhaften Verbindung stark geneigter Streben mit den wagerechten Streckbalken, und weil diese Teile dem Regen und damit einer vorzeitigen Fäulnis ausgesetzt sind, kommen sie immer seltener zur Ausführung. Man hat dieselben als Hängewerke mit geraden Balken und als solche mit gekrümmten Balken oder Bohlen hergestellt. Unter den Trägern aus Bohlenbogen haben sich diejenigen mit lotrecht nebeneinander befestigten Bohlen nach dem System Funk und de l'Orme, deren zahlreiche lotrechte Fugen der Nässe besonders zugänglich sind, als durchaus unzweckmäfsig, diejenigen mit wagerecht aufeinandergelegten, durch eiserne Bänder und Bolzen verbundenen Bohlen nach dem System Wiebeking und Emy wegen ihres geringen Widerstandes gegen Durchbiegung als nicht empfehlenswert erwiesen. Hängewerke aus gekrümmten Balken würden nur bei nicht zu geringen Pfeilverhältnissen — in welchem Falle auch die Horizontaldrücke der Bogen nicht so grofs werden und die Verbindung der Bogenbalken mit den Sehnenbalken nicht zu schwierig ist — anwendbar sein. Da aber in diesem Falle gröfsere Spannweiten vorausgesetzt werden, welche wieder viele Stöfse der Balken bedingen würden, da ferner durch die künstliche Biegung die Spannungen der Balken vermehrt werden, so erscheinen auch derartige Hängewerkbrücken unzweckmäfsig und es bleiben somit nur noch die steifen Hängewerke aus geraden Balken als die besten Hängewerkkonstruktionen übrig. Zu den Trägern hölzerner Brücken eignen sich daher, aus den angegebenen Gründen, vorzugsweise für geringere Spannweiten die Systeme der einfachen und verstärkten Balken, das System der Fachwerkbrücken für gröfsere, und das System der steifen Sprengwerke aus geraden Hölzern für mittlere Spannweiten mit gröfseren Konstruktionshöhen.

Die Unterstützungen der Brückenträger werden teils durch Joche, teils durch Pfeiler und teils, z. B. bei einfachen oder zusammengesetzten, über eine Schlucht geführten Sprengwerkbrücken durch den Baugrund selbst bewirkt. Handelt es sich um rasche Errichtung eines mit dem geringsten Anlagekapital herzustellenden Aufbaues, so

sind sowohl bei einstweiligen, als bei endgiltigen Brücken in den allermeisten Fällen die Holz- und Steinkonstruktionen vorzuziehen. Die ersteren nehmen nach der für sie erforderlichen Höhe die Gestalt von durchbrochenen Wandungen (Jochen) oder von durchbrochenen Hohlkörpern (Turm- oder Fachwerkpfeilern) an und bestehen im ersteren Falle aus einer oder mehreren Reihen unter sich verbundener und verstrebter Pfosten oder Pfähle, im letzteren Falle aus einer durch Fachwerkwände gebildeten Pyramide (Taf. I). Die niedrigen Joche werden aus durchgehenden und aufgepfropften Pfählen hergestellt, die im Wasser oder auf feuchtem Boden stehenden Joche auf kräftige, bis unter Niedrigwasser eingerammte Grundjoche aufgesetzt, höhere Joche aus mehreren Geschossen zusammengebaut. Diese Geschofsjoche werden meist durch eine Auspackung des unteren Geschosses mit Steinen (Taf. I, Abb. 39 bis 42), die Fachwerkpfeiler durch einen steinernen Unterbau, mit welchem sie verankert werden, standfähig gemacht. Die Stellung sowohl der Joche als auch der Fachwerkpfeiler ist so zu wählen, dafs sie zu geeigneter Zeit, ohne den Verkehr über die Brücke zu stören, durch steinerne oder eiserne Pfeiler ersetzt werden können, weshalb man sie am zweckmäfsigsten zwischen den letzteren anordnet (Taf. I, Abb. 1 bis 23 und Abb. 24 bis 42). Wo von vornherein steinerne Pfeiler errichtet werden, sollen sie zugleich für den endgiltigen Überbau berechnet sein, oder wenigstens ohne allzugrofsen Aufwand durch Umbau des Pfeilerkopfes hierfür umgestaltet werden können. Von den oben angeführten Systemen des hölzernen Aufbaues eignen sich somit für hölzerne Brücken mit geringen Höhen ihrer lichten Öffnungen die durchgehenden und aufgesetzten Joche, für gröfsere lichte Höhen die Geschofsjoche und die Fachwerkpfeiler.

In kälteren Klimaten, wo Brücken über Täler zu führen sind, deren Boden oben aus Moor und Schlamm, unten aus wasserführenden Tonschichten besteht, ist zu berücksichtigen, dafs eingerammte Holzpfähle, auch wenn sie in frostfreie Tiefe reichen, durch Auffrieren, bezw. Hebung der über der Frostgrenze liegenden Schichten vermöge der zwischen den Pfählen und dem gefrorenen Boden entstehenden Reibung in die Höhe getrieben werden und dadurch eine örtliche Hebung der auf den Pfählen ruhenden Brückenbahn bewirken können. Bei kleineren, weniger weiten und hohen hölzernen Brücken läfst sich jener Frostwirkung durch Fernhalten des Frostes vom Boden durch Aufschütten einer dicken Schichte von Laub, Stroh oder Mist entgegenwirken, während bei gröfseren Brücken der sibirischen Eisenbahn[4]) statt der hölzernen eiserne Träger auf steinernen Pfeilern, deren Sohle in frostfreier Tiefe liegt, zur Anwendung kommen. So wurde u. a. eine im Jahre 1896 erbaute hölzerne Brücke der sibirischen Eisenbahn mit 27 m lichter Weite, bei welcher die Hebung der Holzpfähle durch Frost im Winter 1900 auf 1,15 m gestiegen war, im Jahre 1901 abgebrochen und durch eine Brücke mit eisernen Trägern auf gemauerten Pfeilern ersetzt.

Unter den Konstruktionssystemen der Träger und Pfeiler hölzerner Brücken erfordern daher die zuvor bezeichneten, zweckmäfsigeren Systeme eine vorzugsweise Berücksichtigung. Hierbei sind — wegen der Verschiedenheit ihrer Verkehrsbahnen und ihrer Unterstützung — die Eisenbahnbrücken und Strafsenbrücken besonders zu betrachten, auch sind die endgiltigen und einstweiligen Brücken zu unterscheiden.

1. Allgemeine Anordnung der hölzernen Brücken. a) Die endgiltigen Eisenbahnbrücken. Die Eisenbahnbrücken von geringer Konstruktionshöhe, bei welchen

[4]) L. von Lubimoff, Verdrückung von Brücken durch Frost auf der sibirischen Eisenbahn. Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwesens. Wiesbaden 1902. S. 110 ff.

wirtschaftliche Rücksichten oder kurze Bauzeit die ausschliefsliche Anwendung des Holzes angemessen erscheinen lassen, sind für Spannweiten von 1 bis etwa 4 m und von 4 bis höchstens 16 m Balkenbrücken mit beschlagenen, bezw. einfachen und verzahnten oder verdübelten Balken auf hölzernen Jochen, für Spannweiten von 16 bis höchstens 50 m solche mit Fachwerkträgern auf hölzernen Jochen oder auf Fachwerkpfeilern anzuordnen. Es empfiehlt sich, dieselben so einzurichten, dafs sie möglichst schnell, billig und ohne Störung des Verkehrs durch Brücken aus Stein oder Eisen ersetzt werden können.

Die Erfahrung, dafs bei hölzernen unbedachten Brücken die unter der Brückenbahn liegenden Querschwellen vorzugsweise der Fäulnis ausgesetzt sind und deshalb häufige Auswechselung erfordern, hat in einzelnen Fällen[5]) dazu geführt, die hölzernen Querschwellen durch eiserne Querträger mit I-förmigem Querschnitt zu ersetzen, um jenen Brücken eine längere Dauer zu sichern.

Sollen die Holzbrücken durch gewölbte Brücken ersetzt werden (Taf. I, Abb. 24 bis 42), so sind die Joche in solchen Abständen von den Widerlagern und Flügeln zu errichten, dafs ihre Standfähigkeit durch die für die letzteren erforderlichen Fundamentgruben nicht gefährdet wird. Die hierdurch gebotene Verlängerung der hölzernen Brücken ist um so weniger zu scheuen, je mehr sie zu einer Verminderung der Erdbewegung führt. Um Verschiebungen zu vermeiden, welche höhere in dem Bahnkörper stehende Joche gefährden, ist der Dammkopf sorgfältig zu stampfen und der Fufs des Dammes, zumal bei Vorhandensein von Steinen oder Geschieben, mit diesen zu sichern. Gewölbte Durchlässe, Brücken und Talbrücken, deren Gewölbescheitel fast stets genügend tief unter Schienenunterkante liegt, werden in den meisten Fällen die Herstellung der hölzernen Brücken in der Bahnachse und die Anlage von Jochständern in den Gewölbescheiteln gestatten. Werden nämlich die Brückenträger auf die endgiltig aufgeführten Widerlager und Pfeiler zeitweilig abgestützt, so können die Joche behufs Herstellung der Gewölbe abgetragen werden. Um einen guten Anschlufs der Brückenbahn an den Erdkörper zu erzielen, soll dieselbe mindestens 2 m in die Dammkrone eingreifen und bei niedrigen Dämmen durch mehrere in Schotter gelegte Querschwellen, bei hohen Dämmen durch eingerammte, mittels Kapphölzern verbundene Pfähle unterstützt werden.

Sollen die hölzernen Brücken später durch eiserne ersetzt werden (Taf. I, Abb. 1 bis 23), so ist die Holzkonstruktion nach den Spannweiten der eisernen Brücken, sowie nach dem Abstande der eisernen Träger und so einzurichten, dafs die Eisenkonstruktion sich ohne besondere Rüstungen aufstellen läfst. Um weder den Bahnbetrieb zu erschweren, noch die Anlage- und Betriebskosten zu vermehren, sollen hölzerne Brücken bis zu 20 m Spannweite nicht, Brücken über 20 m Spannweite nur im Notfalle aus der Bahnachse gerückt, hierbei aber die Entfernungen von Bahn- und Brückenachse möglichst gering gewählt werden.

Sprengwerkbrücken mit geraden Hölzern in Eisenbahnen sind, wie gesagt, dort zulässig, wo die nötige Konstruktionshöhe und natürliche, feste Stützpunkte vorhanden sind oder mit verhältnismäfsig geringen Kosten aus Steinen hergestellt werden können. Da die Neigung der Streben zum Horizont am vorteilhaftesten 45° beträgt und überhaupt unter $22\frac{1}{2}°$ nicht angenommen werden sollte, da ferner starkes Bauholz von über 10 m Länge schon kostspielig wird, so erscheinen Spannweiten von 10 bis 25 m für Sprengwerke mit festen steinernen Widerlagern als die passendsten. Dagegen eignen sie sich wegen ihres starken Seitendruckes für hölzerne Joche nicht oder doch nur für geringere

[5]) Gremaud, Pont sur la Trime (Ct. de Fribourg). Schweiz. Bauz. Zürich 1900. S. 87 ff.

Spannweiten, wenn die Neigung der Streben 45° oder mehr beträgt, also der Horizontaldruck derselben möglichst gering wird.

b) Die endgiltigen Strafsenbrücken. Hölzerne Strafsenbrücken mit geringer Konstruktionshöhe, welche mäfsigere Belastungen und Erschütterungen als die Eisenbahnbrücken aufzunehmen haben, sind für Spannweiten von 1 bis 5 m und von 5 bis 20 m mit beschlagenen, bezw. einfachen und verstärkten Balken und für Spannweiten von 20 bis etwa 50 m mit Fachwerkträgern zu konstruieren. Da hölzerne Unterstützungen jeder Art der Fäulnis sehr ausgesetzt sind, so erhalten diese Brücken entweder ganz aus Stein konstruierte End- und Zwischenpfeiler oder doch steinerne Endpfeiler und hölzerne, auf hohen steinernen Sockeln ruhende Zwischenstützen. Bei hinreichender Konstruktionshöhe und da, wo die Baustelle natürliche feste Widerlager darbietet, welche dem Seitendruck einer Konstruktion widerstehen, eignen sich vorzugsweise Sprengwerke aus geraden Hölzern (Taf. III, Abb. 8 bis 36), zur Unterstützung der Brückenbahn. Aus den zuvor angegebenen Gründen erscheinen Spannweiten von 10 bis höchstens 25 m als die für diese Sprengwerke geeignetsten. Dagegen erfordern Sprengwerke auf hölzernen Jochen auch bei Strafsenbrücken geringere Spannweiten, steilere Strebenstellung und infolge deren möglichste Verminderung des Horizontalschubes.

c) Die einstweiligen Eisenbahn- und Strafsenbrücken. Sie unterscheiden sich von den endgiltigen wesentlich teils durch Anwendung unbeschlagenen statt beschlagenen Holzes zu den Trägern und vorzugsweise zu den Jochen, teils durch Anwendung einer möglichst einfachen Verbindungsweise, welche wenig Arbeit erfordert und das Holz so wenig schwächt, dafs es nach dem Gebrauch der Brücke auch noch zu anderen Zwecken verwendet werden kann. Aus diesen Gründen zieht man zu einstweiligen Brücken vorzugsweise die einfachsten Konstruktionen, insbesondere mit einfachen oder verstärkten Balken und mit geringen Spannweiten, vor. Die Tragbalken erhalten an den Enden eine Unterstützung von Querschwellen (Taf. I, Abb. 31), und von starken, in eingerammte Pfähle eingezapften Holmen (Taf. I, Abb. 24, 26, 28), da, wo Zwischenunterstützungen erforderlich sind, aus Baumstämmen bestehende einfache Pfahljoche, welche durch starke Bohlen oder Schwarten ausgesteift werden. Das Nähere hierüber wird in § 14 erörtert werden.

2. Allgemeine Grundsätze für die Konstruktion hölzerner Eisenbahn- und Strafsenbrücken. Bei Bearbeitung von Holzkonstruktionen für Eisenbahn- und Strafsenbrücken sind erfahrungsgemäfs in Bezug auf Festigkeit, Dauer und Billigkeit folgende Punkte zu beachten:

1. Es ist ein einfaches, nicht aus verschiedenartigen Systemen zusammengesetztes Konstruktionssystem zu wählen und so durchzuführen, dafs die zulässige Inanspruchnahme des angewendeten Holzes in jedem Bestandteil der Konstruktion, auch unter den gröfsten Belastungen und Winddrücken, nicht überschritten wird.
2. Die infolge eintretender Fäulnis notwendigen Reparaturen und Auswechselungen einzelner Konstruktionsteile sollen billig und ohne Störung des Verkehrs möglich sein.
3. Joche und hölzerne Fachwerkpfeiler sind zur Herstellung eines dauernden festen Standes so anzuordnen, dafs sie nur in lotrechtem oder annähernd lotrechtem Sinne belastet werden.
4. Die Verbindung sämtlicher Bestandteile der Holzkonstruktion soll einfach und nicht durch verwickelte Verschneidungen, sondern durch eine sparsame Anwendung von Schraubenbolzen bewirkt sein, damit eine verschwenderische

Verwendung von Eisenteilen die wirtschaftlichen Vorteile der Holzkonstruktion nicht zum gröfsten Teile oder ganz aufhebt.

5. Um einer Fäulnis der einzelnen Konstruktionsteile vorzubeugen, ist eine Ableitung des Wassers auf dem kürzesten Wege zu bewirken und jeder Konstruktionsteil so anzuordnen, dafs er der Luft und dem Lichte möglichst ausgesetzt bleibt und hierdurch trocken erhalten wird.

§ 2. **Angreifende Kräfte.** Die Träger hölzerner Brücken werden hauptsächlich durch die veränderliche Last des auf ihnen stattfindenden Verkehrs oder des auf ihnen lagernden Schnees und durch ihr eigenes Gewicht, die Joche und Pfeiler werden aufserdem durch Erddruck, Wasserdruck und Eisstofs in Anspruch genommen. Überdies haben sämtliche Teile der Brücke dem gröfstmöglichen Seitendrucke des Windes, welcher mit einem Drucke von etwá 150 **kg** auf das Quadratmeter wirkt, Widerstand zu leisten (vergl. hierzu Bd. 1, S. 69).

1. **Bewegte Belastung.** a) Eisenbahnbrücken. Der Berechnung sind die schwersten, auf der Brücke verkehrenden Eisenbahnzüge zugrunde zu legen (vergl. Bd. 1, S. 74). Bei kleinen Brücken, insbesondere bei deren Brückenbahn, ist mit den hinsichtlich ihrer Gröfse und Verteilung bekannten Achsenlasten und deren ungünstigster Stellung zu rechnen, während die Träger gröfserer Fachwerkbrücken mit Hilfe der Belastungsgleichwerte berechnet werden können, worüber in Bd. III eingehende Angaben folgen. Bei Stützweiten von 10 bis 50 **m** kann man als stellvertretende, gleichmäfsig verteilte Belastung für das Meter Gleis einführen:

für die Gurtungen . . . . . $p = \left(4{,}2 + \frac{23}{l}\right)$ t

für die Gitterstäbe (Schrägstäbe u. Pfosten) $p = \left(4{,}6 + \frac{34}{l}\right)$ t.

b) Strafsenbrücken. Die Fahrbahnen und Fahrwege der Strafsenbrücken werden bezw. mit den schwersten Fuhrwerken und mit Menschengedränge belastet angenommen, worüber bereits im Bd. 1, S. 75 das Nähere mitgeteilt ist. Nimmt man das Gewicht des schwersten Frachtfuhrwerks und schweren Landfuhrwerks zu bezw. 24 und 12 t, deren Länge und Breite bezw. 8,8 × 2,5 **m** und zu 7,5 × 2 **m** an, so ergibt sich die Belastung des Quadratmeters Brücke bezw. zu 1090 und 800 **kg**. Zieht man das Gewicht der Bespannung in Betracht, so ergibt sich für

	Gewicht	Länge	Breite	Belastung
schwerstes Frachtfuhrwerk mit 6 Pferden . . .	25,8 t	19,0 **m**	2,5 **m**	521 **kg** f. d. **qm**
schweres Landfuhrwerk mit 4 Pferden	13,2 t	14,5 „	2,0 „	455 „ „ „

welche letztere mit der Belastung des Quadratmeters durch Menschengedränge übereinstimmt.

2. **Ständige Belastung.** Das Eigengewicht der hölzernen Brücken setzt sich zusammen aus dem Gewichte der Träger, welches mit deren Stützweite wächst, und aus dem Gewichte der Brückenbahn, welches einen von deren Konstruktion abhängigen Wert hat.

Bezeichnet b das Eigengewicht der Brückenbahn für die Längeneinheit, l die Stützweite in Metern und c einen Erfahrungswert, so ergibt sich annähernd das Eigengewicht e der Längeneinheit Brücke

$$e = c.l + b.$$

a) Eisenbahnbrücken. Für Eisenbahnbrücken mit einfachen Balken ist annähernd, wenn sie endgiltige sind, $c = 84$, das Gewicht der Bahn (Schwellen, Bohlen und Fahrschienen) $b = 400$ kg und für eingleisige Brücken

$$e = 84 \cdot l + 400 \text{ kg}, \quad \ldots \quad 1.$$

wenn sie einstweilige sind, $c = 67$, das Gewicht der Bahn $b = 350$ kg und für 1 m Gleis

$$e = 67 \cdot l + 350 \text{ kg} \quad \ldots \quad 2.$$

Erhalten diese Brücken Sattelhölzer oder Kopfbänder, so ermäfsigt sich der Zahlenwert für c.[6])

Für Balkenbrücken mit verdübelten Balken ist annähernd, wenn sie endgiltige sind, $c = 83$, das Gewicht der Bahn $b = 650$ kg und für eingleisige Brücken

$$e = 83 \cdot l + 650 \text{ kg}, \quad \ldots \quad 3.$$

wenn sie einstweilige sind, $c = 68$, das Gewicht der Bahn $b = 600$ kg und für 1 m Gleis

$$e = 68 \cdot l + 600 \text{ kg}. \quad \ldots \quad 4.$$

Für endgiltige eingleisige Fachwerkbrücken kann annähernd $c = 72$ und im Mittel $b = 600$ kg, also

$$e = 72 \cdot l + 600 \text{ kg} \quad \ldots \quad 5.$$

angenommen werden.

b) Strafsenbrücken. Bei Balkenbrücken mit einfachen Balken ist für 1 qm und 11 cm starken Bohlenbelag annähernd $c = 11$ und $b = 150$ kg, mithin für 1 qm Brücke

$$e = 11 \cdot l + 150 \text{ kg} \quad \ldots \quad 6.$$

und bei 20 cm starker Beschotterung $c = 30$ und $b = 550$ kg, mithin für 1 qm Brücke

$$e = 30 \cdot l + 550 \text{ kg}. \quad \ldots \quad 7.$$

Für Balkenbrücken mit Sattelhölzern und Kopfbändern ermäfsigt sich c.[7])

Für Balkenbrücken mit verdübelten Balken ist annähernd bei 11 cm starkem Bohlenbelag $c = 10$ und $b = 150$, mithin für 1 qm Brücke:

$$e = 10 \cdot l + 150 \text{ kg} \quad \ldots \quad 8.$$

und bei 20 cm starker Beschotterung $c = 30$ und $b = 550$ kg, mithin für 1 qm Brücke

$$e = 30 \cdot l + 550 \text{ kg} \quad \ldots \quad 9.$$

§ 3. Material und Materialwiderstände.

1. **Material.** Zur Herstellung hölzerner Brücken eignen sich vorzugsweise diejenigen Holzarten, welche geraden Wuchs bei gehöriger Länge und Stärke mit Festigkeit und Dauerhaftigkeit verbinden. Unter den hierbei in Betracht kommenden Nadelholzarten findet Kiefern-, Lärchen-, Tannen- und Fichtenholz die vergleichsweise ausgebreitetste Verwendung zu Trägern und Jochen, während unter den Laubhölzern Eichenholz zu Trägern, Stützen und Grundbauten, Erlenholz zu Grundbauten und Buchenholz zu Brückenbahnbelägen verwendet wird.

Kiefern- und Fichtenholz sind die härtesten und schwersten der einheimischen Nadelhölzer und haben wegen ihres bedeutenden Harzgehaltes selbst in feuchter Lage und im Wasser eine Dauer, welche jene des Tannenholzes weit übersteigt und derjenigen des Eichenholzes nahe kommt. Lärchenholz eignet sich wegen seines gleichmäfsigen Harzgehaltes ebenfalls zum Grundbau.

---

[6]) Heinzerling, Die angreifenden und widerstehenden Kräfte. 2. Aufl. S. 32.

[7]) a. a. O. S. 33.

Die Festigkeit und Dauer der erwähnten Holzarten hängt wesentlich von ihrer Fällzeit ab. Versuche haben dargetan, dafs im Dezember, also zur Zeit der ruhenden Lebenstätigkeit des Baumes, gefällte Hölzer gröfsere Festigkeit und Dauer zeigten, als die unter gleichen Umständen im November oder Februar gefällten. Vor Wiederbeginn des Saftumlaufs müssen die gefällten Stämme entästet, entrindet und trocken gelegt werden, damit die im Winter stockenden Säfte sich verdicken und das Holz gegen Fäulnis und Wurmfrafs schützen.

Das Holz kommt im Brückenbau als unbeschlagenes Holz (Rundholz), als beschlagenes Holz (Kantholz) oder geschnittenes Holz (Schnittholz) zur Verwendung, wobei auch das Kantholz immer seltener mit der Axt beschlagen, sondern meist mit der Säge geschnitten wird. Die stärksten Nadelholzstämme erreichen eine Länge von 30 **m** und darüber bei einer Zopfstärke bis zu 50 **cm**, das sogenannte Starkbauholz hat bei 30 bis 35 **cm** Zopfstärke 14 bis 15 **m** Länge und wird als Rundholz zu Grund- und Langpfählen, zu Jochen und Trägern besonders einstweiliger Brücken, als Kantholz zu Spundpfählen, Holmen und Trägern endgiltiger Brücken verwandt. Das sogenannte Mittel- und Kleinbauholz von bezw. 10 bis 12 **m** Länge bei 20 bis 25 **cm** Zopfstärke und 8 bis 10 **m** Länge bei 12 bis 15 **cm** Zopfstärke dient zur Herstellung der Pfosten, Riegel, Holme und Streben von Brüstungen und zu anderen schwächeren Konstruktionsteilen. Schnitthölzer kommen als Bohlen von 6 bis über 15 **cm** Stärke und als Bretter von 3 bis 6 **cm** Stärke bei verschiedener Breite als Beläge von Brücken oder als Spundbohlen zur Verwendung. Die Laubholzstämme kommen nicht mit den regelmäfsigen Abmessungen vor wie die Nadelholzstämme, weshalb für die zu einem Brückenbau nötigen Teile die geeigneten Stämme besonders auszuwählen sind. Die zur Verwendung kommenden Eichenstämme besitzen Längen von 7 **m** und darüber bei 25 bis 75 **cm** Durchmesser und werden zu Kant- und Schnittholz von den erforderlichen Abmessungen zersägt.

Da der äufsere, noch nicht völlig ausgebildete Teil eines Holzstammes, der Splint, am weichsten ist, während die Festigkeit nach dem Kerne hin zunimmt, so sind die aus dem Kerne geschnittenen Teile (Kernholz) fester, als die aus dem Splinte geschnittenen. Auf dieser ungleichen inneren Beschaffenheit des Holzes beruhen hauptsächlich die verschiedenen Veränderungen, welche sich beim Trocknen und Verarbeiten desselben zeigen und dessen Werfen, Schwinden und Reifsen veranlassen. Nach Nördlinger beträgt die Gröfse des Schwindens in der Richtung der Fasern, des Stammhalbmessers und der Jahrringe in Prozenten bezw.

bei	Fichten	0,00	2,08	2,62	bei	Rotbuchen	0,20	5,25	7,03
„	Kiefern	0,00	2,49	2,87	„	Weifsbuchen	0,21	6,82	8,00
„	Erlen	0,30	3,16	4,15	„	Eichen	0,00	2,65	4,10.

Da Baumstämme von freien Standorten an der Südseite mehr als an der Nordseite entwickelt sind, da insbesondere ihre Jahrringe daselbst breiter sind, sie sich also beim Trocknen an der Südseite mehr als auf der Nordseite zusammenziehen und dadurch eine in ihrer Längsrichtung gekrümmte, nach Norden hin konvexe Gestalt annehmen, so sind sie bei ihrer Verwendung zu Trägern mit der Nordseite nach oben zu kehren, damit jenes Bestreben einer Krümmung nach oben einer Durchbiegung durch die Belastung entgegenwirkt. Zu Pfählen und Pfosten ist Ganzholz oder Kernholz von Baumstämmen von geschlossenem Standorte, deren Jahrringe gleichmäfsig entwickelt sind, zu verwenden, damit das Trocknen derselben gleichmäfsig erfolgt und infolge dessen deren Achse gerade bleibt. Bohlen oder Bretter, welche aus dem Kern geschnitten sind, bleiben

eben, weil ihr Trocknen an den gegenüberliegenden Seiten gleichmäfsig erfolgt, während nicht aus dem Kern geschnittene Bohlen an der Splintseite rascher als an der Kernseite trocknen und deshalb nach der ersteren hin hohl, also nach der letzteren hin gewölbt werden. Für Beläge eignen sich deshalb Kernholzbretter am besten; bei Verwendung anderer Bretter empfiehlt es sich, deren Kernseite, als die härtere, nach oben zu legen und einem Werfen derselben nach oben durch eine feste Nagelung auch in ihrer Mitte vorzubeugen.

Die Dauer des Bauholzes hängt wesentlich von den Bedingungen ab, unter welchen es verwandt wird. Sobald das pflanzliche Leben eines Stammes aufgehört hat, eine höhere Temperatur als 0° herrscht und das Holz gleichzeitig und dauernd der Einwirkung des Wassers und des Sauerstoffs der Luft ausgesetzt wird, sind die Bedingungen der Fäulnis, d. h. derjenigen chemischen Zersetzung gegeben, bei welcher sich aus dem Wasserstoff des Wassers und dem Sauerstoff der Holzfaser Wasser bildet, während aus der Holzfaser Kohlensäure und Kohlenwasserstoffverbindungen ausscheiden. Da hierdurch eine allmähliche Zerstörung des Holzes veranlafst wird, so hat die Verwendung desselben so zu geschehen, dafs das Holz möglichst trocken erhalten und der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft entzogen wird. Das erstere sucht man teils durch eine den Zutritt des Windes befördernde Anordnung der Konstruktion, teils durch eine beiderseits genügend vorspringende, auch gegen Schlagregen schützende Bedachung, teils durch eine Verkleidung der Aufsenflächen der dem Wetter vorwiegend ausgesetzten Stirnträger mit lotrecht gestellten Bohlen, das letztere durch Öl- oder Teeranstriche, welche von Zeit zu Zeit erneuert werden, zu erreichen. Als ein weiteres Mittel, die Fäulnis des Holzes zu verhüten, ist die Entfernung oder die chemische Veränderung seiner gärungsfähigen Saftbestandteile durch Auslaugen des Holzes in Wasser oder Tränken (Imprägnieren) desselben mit fäulniswidrigen (antiseptischen) Stoffen zu bezeichnen. Unter den letzteren haben sich bis jetzt Kreosot, Zinkchlorid und Quecksilbersublimat am meisten bewährt.

Um die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Zerstörung durch Feuer, welcher besonders hölzerne Eisenbahnbrücken in den Sommermonaten ausgesetzt sind, zu vermehren und hierdurch wieder eine allgemeinere Anwendung des Holzes auch zu Brückenbauten, welche einer Feuersgefahr ausgesetzt sind, zu erreichen, hat man in Amerika ein neues Tränkverfahren angewandt, welches nach fachmännischen Berichten[8]) über eine im Jahre 1897 in London vor Sachverständigen angestellte Probe sich bewährt hat. Das Durchtränken des Holzes erfolgt nach Entziehung seiner natürlichen Säfte unter hohem Druck mit der gesättigten Lösung eines Salzes, dessen Name geheim gehalten wird. Aufser einer Gewichtsvermehrung erleidet das Holz äufserlich keine merkliche Veränderung, indem Farbe und Geruch unverändert bleiben. Der Verbreitung steht die Kostspieligkeit des Verfahrens im Wege, welche z. B. rund 2 M. für das Quadratmeter 2,5 cm starker Bretter kostet.

Die Feuerprobe wurde an zwei gleichen eingeschossigen Häuschen von 3,35 m Länge und Breite angestellt, von welchen das eine aus Fichtenholz, das andere aus getränktem Holze derart errichtet war, dafs es dem in gleicher Weise angelegten Feuer einen guten Angriff bot. Das aus Fichtenholz erbaute Haus verbrannte innerhalb einer halben Stunde vollkommen zu Asche, während das aus getränktem Holzwerk errichtete Haus kein Feuer fing. Auch eine aus getränktem Holze hergestellte Kiste mit Büchern und Heften wurde von dem Feuer nicht beschädigt und ihr Inhalt unversehrt gefunden. Das Wärmeleitungsvermögen des Holzes war also durch das Tränkungsverfahren eher verringert als gesteigert worden.

Die Erfolge der zur Ausnutzung des neuen Tränkverfahrens in London gebildeten Aktiengesellschaft: The British Non-Flammable Wood Co. Limited, Nr. 2 Army and Navy Mansions, Victoria Street, London SW. werden zeigen, ob und in welchem Umfange das Verfahren auch auf den Bau hölzerner Brücken Anwendung finden kann.

---

[8]) Zentralbl. d. Bauverw. 1897, S. 310 ff. und Zeitschr. f. Arch. u. Ing.-Wesen 1897, Sp. 360 ff.

Das spezifische Gewicht des Holzes ist je nach der Dichtigkeit seiner Masse und seines Gehaltes an Feuchtigkeit sehr verschieden, indem z. B. frisch gefälltes Holz bis zum $1^1/_2$fachen von lufttrockenem Holze wiegt. Nach Karmarsch kann man für die wichtigsten Bauhölzer folgende mittleren Zahlen annehmen:

Holzart	in frischem Zustande	in lufttrocknem Zustande	Holzart	in frischem Zustande	in lufttrocknem Zustande
Kiefer . .	0,944	0,583	Eiche . .	1,006	0,785
Fichte . .	0,791	0,426	Buche . .	0,980	0,721
Lärche . .	0,797	0,519	Esche . .	0,852	0,692.
Weifstanne .	0,922	0,599			

Da bei unbedachten Brücken das Holz völlig durchnäfst werden kann, so empfiehlt es sich, bei statischen Berechnungen das spezifische Gewicht 1,0 einzuführen.

2. Elastizität und Festigkeit des Holzes. Wird das Holz einem in der Richtung seiner Fasern wirkenden Zug oder Druck ausgesetzt, so wird dasselbe bezw. verlängert oder verkürzt. Bei Verwendung des Holzes zu bautechnischen Zwecken darf dasselbe weder durch Zug noch durch Druck über eine gewisse Grenze hinaus angestrengt werden, auch hängt die zulässige Inanspruchnahme von den Erschütterungen, welchen die Brücke ausgesetzt sein wird, sowie von der Dauer ab, welche dieselbe entwickeln soll.

Bedeutet für einen Holzstab von **1 qcm** Querschnitt

z die Zugspannung, d die Druckspannung, welcher er unter den in folgender Tabelle angegebenen Umständen höchstens ausgesetzt werden darf,

E die Elastizitätsziffer,

λ_z die jener Zugspannung z entsprechende Verlängerung,

λ_d die jener Druckspannung d entsprechende Verkürzung,

so erhält man bei Verwendung des Baustoffs unter gröfstenteils gleichbleibender Einwirkung der angreifenden Kräfte und unter dem gewöhnlichen Einflufs von Luft und Feuchtigkeit für Quadratcentimeter und Kilogramm folgende

Tabelle der zulässigen Inanspruchnahme der wichtigsten Bauhölzer.

Bezeichnung der Holzarten	Mäfsige Erschütterungen									
	Einstweilige Brücken					Endgiltige Brücken				
	z kg	d kg	E kg	λ_z	λ_d	z kg	d kg	E kg	λ_z	λ_d
Tanne	190	$^3/_4 z$	130 000	$\frac{1}{667}$	$^3/_4\lambda_z$	100	$^3/_4 z$	120 000	$\frac{1}{1250}$	$^3/_4\lambda_z$
Fichte	160	$^3/_4 z$	120 000	$\frac{1}{750}$	$^3/_4\lambda_z$	80	$^3/_4 z$	113 000	$\frac{1}{1400}$	$^3/_4\lambda_z$
Kiefer	210	$^3/_4 z$	130 000	$\frac{1}{615}$	$^3/_4\lambda_z$	105	$^3/_4 z$	120 000	$\frac{1}{1154}$	$^3/_4\lambda_z$
Lärche	230	$^3/_4 z$	130 000	$\frac{1}{571}$	$^3/_4\lambda_z$	113	$^3/_4 z$	120 000	$\frac{1}{1071}$	$^3/_4\lambda_z$
Eiche	160	$^5/_6 z$	120 000	$\frac{1}{750}$	$^5/_6\lambda_z$	80	$^5/_6 z$	113 000	$\frac{1}{1400}$	$^5/_6\lambda_z$

Die Abscherungsfestigkeit der Hölzer ist sehr verschieden, je nachdem dieselben parallel oder senkrecht zu der Richtung ihrer Langfaser beansprucht werden. Im allgemeinen und im Durchschnitt kann die Abscherungsfestigkeit des Holzes für das qcm

Nadelholz parallel zur Faserrichtung zu 5,8 kg
„ senkrecht „ „ „ 7,0 „
Eichenholz parallel „ „ „ 8,0 „
„ senkrecht „ „ „ 9,0 „

angenommen werden.

§ 4. Die Verkehrsbahn der hölzernen Brücken.

1. Die Verkehrsbahn der hölzernen Eisenbahnbrücken. Die Breite der Brücke, bezw. der Abstand der Geländer und der oberen Querverbände richtet sich nach der Umgrenzung des lichten Raumes für die freie Bahn, welcher bei normalspurigen Bahnen eine Höhe von 4,8 m über dem Schienenkopf und eine Breite von 4 m, bei solchen mit 1 m Spurweite aber 3,75 m Höhe und 2,9 m Breite besitzt.

Abb. 1.

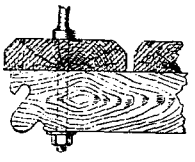


Abb. 2.

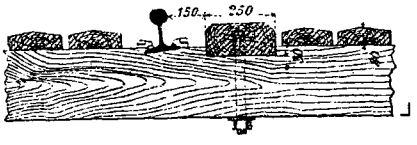
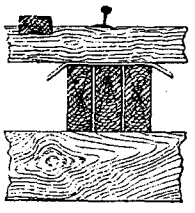


Abb. 3.



Die Unterstützung der Fahrschienen wird entweder durch nur je 80 bis 90 cm voneinander entfernte Querschwellen (Taf. I, Abb. 4, 5, 6, 25), oder durch Langschwellen bewirkt, welche auf je 1 bis 2 m entfernten Querschwellen ruhen (Taf. I, Abb. 10, 12, 27, 29 u. a.). Querschwellen sind den Langschwellen vorzuziehen. In beiden Fällen werden die Querschwellen etwa 2,5 cm eingeschnitten und durch Bolzen mit den Trägern verbunden. Langschwellen erhalten eine zu den Querschwellen normale Lage und die der nötigen Querneigung der Fahrschienen von $^1/_{16}$ bis $^1/_{20}$ entsprechende Abschrägung ihrer oberen Fläche. Stöfse der Langschwellen erhalten über einer Querschwelle eine kurze gerade Überplattung, welche mit der letzteren durch einen Bolzen verbunden wird. Bei Anwendung von Querschwellen liegen die Bohlen des Belags der Länge nach auf diesen (Abb. 1 u. 2, sowie Taf. IV, Abb. 1 bis 5), bei Anwendung von Lang- und Querschwellen entweder der Länge nach auf den letzteren (Taf. I, Abb. 17, 18) oder, wenn auch die Stirnträger gegen Regen geschützt werden sollen, senkrecht zu den Langschwellen, in welchem Falle sie mit Gefälle nach aufsen auf niedrige Längsbalken gelegt werden (Taf. III, Abb. 4, 5). Mehrteilige Querschwellen bewahrt man durch Schutzbleche vor Fäulnis (Abb. 3). Zur Ableitung des Wassers legt man die Bohlen, deren Kanten etwas gebrochen werden, je 2 cm auseinander (Abb. 2) und bedeckt zur Verhütung von Feuersgefahr durch die aus den Aschenkästen der Lokomotiven herabfallenden Kohlen die zwischen den Fahrschienen befindlichen Bohlen mit Schotter (Taf. III, Abb. 4, 5). Zum Abzuge des Wassers gibt man den Bohlen auch wohl eine Krümmung nach oben und unterstützt dieselben durch kleine Klötze von verschiedener Höhe. Die Stärke der Bohlen wird durch Rechnung in der weiter unten angegebenen Weise bestimmt und beträgt bei einer freiliegenden Weite von 1, 1,5, 2 und 2,5 m bezw. etwa 5, 6, 7 und 8 cm. Um der aus einer Entgleisung entspringenden Gefahr des Herabstürzens eines Zuges zu begegnen, legt man entweder die Fufswege etwas höher, oder ordnet innerhalb des Gleises zwei starke, höchstens 5 cm über Schienenkopf sich erhebende Langschwellen (Taf. IV, Abb. 1), sogenannte Sicherheitsschwellen an, welche zur Vermeidung einer seitlichen Verschiebung mit den Querschwellen verbolzt werden.

Die Windkreuze werden unter den Querschwellen zwischen die Längsbalken oder Gurten der Hauptträger eingeschaltet (Taf. III, Abb. 1 bis 7) und bestehen aus hölzernen Diagonalen, welche sich gegen hölzerne Klötze stemmen können, die entweder mittels durchgehender Querbolzen untereinander oder mittels nur kurzer Bolzen mit den Hauptträgern verbunden sind.

Die Brüstungen, welche bei den kleinsten Brücken oft ganz fehlen (Taf. I, Abb. 3 bis 6), bestehen bei gröfseren und höheren Brücken aus 2,5 bis 3 **m** voneinander entfernten, 18 bis 19 **cm** breiten, 15 bis 16 **cm** starken Pfosten von etwa 1 **m** freier Höhe, welche entweder mit den Langträgern der Balkenbrücken von aufsen oder mit den Querschwellen der mit oben liegender Fahrbahn konstruierten Fachwerkbrücken von der Seite verblattet und verschraubt werden (Taf. III, Abb. 1 bis 5), ferner aus je 18 bis 19 **cm** breiten, je 20 bis 21 **cm** hohen, oben abgerundeten, besser beiderseits abgeschrägten Holmen oder Brustriegeln, welche mittels halber, nicht durchgehender Zapfen und eichener Quernägel oder wagerechter Bolzen mit jenen Pfosten verbunden werden. In die Pfosten werden am einfachsten noch ein oder zwei Latten seitlich eingelassen und diese an jene genagelt.

Bei Fachwerkbrücken mit unten liegender Fahrbahn werden die Brüstungen durch die Träger selbst ersetzt (Taf. I, Abb. 15 bis 18 und 36 bis 38), welche bei einer lichten Höhe von 4,8 **m** noch ein leichtes Satteldach (Taf. I, Abb. 19 bis 23 und 39, 41) aufnehmen können, welches den wirksamsten Schutz gegen Regen gewährt und hierdurch zu einer ungleich längeren Dauer der Konstruktion beiträgt. Der Dachstuhl selbst besteht aus gewöhnlichen, je 1,5 bis 2 **m** voneinander entfernten Dreiecksbindern, deren Querbalken mit den durch Pfetten und kurze Streben unterstützten Sparren verbunden sind. Die Sparren nehmen die aus Schalung und Dachpappe oder Dachfilz bestehende Deckung auf. Der auf die Angriffsfläche wirkende Windstofs mufs durch kräftige, auf die Joche oder Fachwerkpfeiler seitlich abgestützte Streben aufgehoben werden.

Abb. 4.

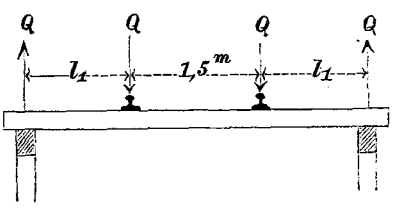
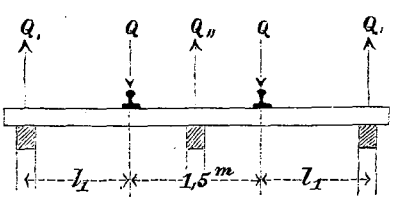


Abb. 5.



Da die Fahrschienen der Eisenbahnbrücken durch Querschwellen unterstützt werden, welche auf zwei oder drei Hauptträgern ruhen, so ergibt sich im ersteren Falle, wenn mit b und h die Breite und Höhe, mit k die gröfste zulässige Druckinanspruchnahme der Schwelle, mit l_1 der Abstand der Fahrschiene von dem Auflager der Querschwelle und mit Q der gröfste Raddruck der Lokomotive bezeichnet wird, mit Bezug auf Abb. 4, die Höhe der Querschwelle aus $Q\,l_1 = k\,\frac{b\,h^2}{6}$

$$h = 2{,}45\sqrt{\frac{Q\,l_1}{k\,b}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 10.$$

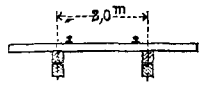
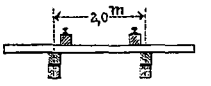
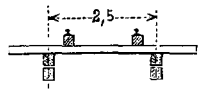
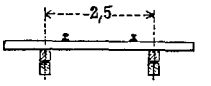
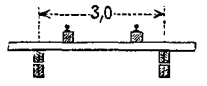
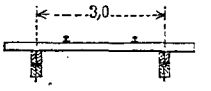
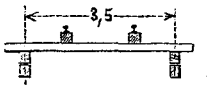
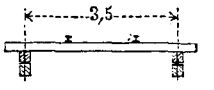
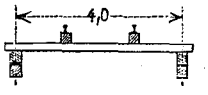
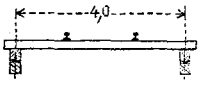
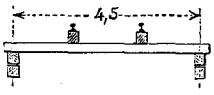
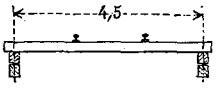
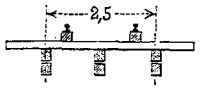
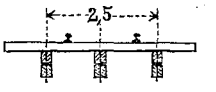
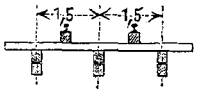
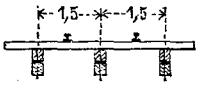
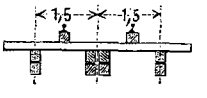
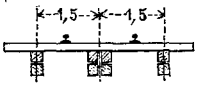
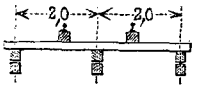
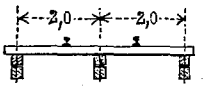
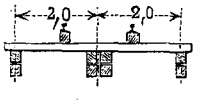
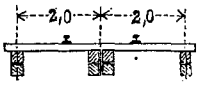
und, wenn $b = \frac{5}{7}\,h$ angenommen wird,

$$h = 2{,}03\sqrt[3]{\frac{Q\,l_1}{k}}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 11.$$

worin k, je nachdem eichene oder kieferne Querschwellen angewandt werden, für das Quadratcentimeter zu bezw. 66 und 60 **kg** angenommen werden kann.

Werden drei Hauptträger verwendet und befindet sich jede Fahrschiene in der Mitte zwischen zwei Hauptträgern, so beträgt der Druck auf die beiden Endträger je $\frac{5}{16}\,Q$ und auf den Mittelträger $\frac{22}{16}\,Q$, mithin ergibt sich, ohne Berücksichtigung der

Mafse der Querträger, welche die Last der Eisenbahnzüge auf die Hauptträger übertragen.[9])

Anordnung der Tragbalken	Stärke der Querschwellen, Abstand = 0,8 bis 1 m von Mitte zu Mitte: für leichte Maschinen	für schwere Maschinen	Anordnung der Tragbalken	Stärke der Querschwellen, Abstand = 2 m von Mitte zu Mitte: für leichte Maschinen	für schwere Maschinen
	$\frac{25}{20}\left[\frac{b}{h}\right]$	$\frac{25}{20}$		$\frac{25}{20}$	$\frac{25}{25}$
	$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{25}$		$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{32}$
	$\frac{25}{28}$	$\frac{25}{30}$		$\frac{25}{30}$	$\frac{28}{38}$
	$\frac{25}{32}$	$\frac{25}{35}$		$\frac{25}{35}$	$\frac{32}{40}$
	$\frac{28}{35}$	$\frac{28}{38}$		$\frac{30}{35}$	$\frac{35}{45}$
	$\frac{30}{38}$	$\frac{32}{38}$		$\frac{30}{40}$	$\frac{35}{48}$
	$\frac{25}{20}$	$\frac{25}{20}$		$\frac{25}{20}$	$\frac{25}{28}$
	$\frac{25}{24}$	$\frac{25}{25}$		$\frac{25}{25}$	$\frac{25}{32}$
	$\frac{25}{20}$	$\frac{25}{22}$		$\frac{25}{22}$	$\frac{25}{28}$
	$\frac{25}{30}$	$\frac{25}{32}$		$\frac{25}{32}$	$\frac{30}{38}$
	$\frac{25}{28}$	$\frac{25}{28}$		$\frac{25}{28}$	$\frac{28}{35}$

Elastizität der Stützen und unter Beibehaltuug der früheren Bezeichnungen, aus $\frac{5}{16} Q l_1 = k \cdot \frac{b h^2}{6}$ mit Bezug auf Abb. 5, die Höhe der Querschwelle

$$h = 1{,}37 \sqrt{\frac{Q l_1}{k b}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 12.$$

und, wenn wieder $b = \frac{5}{7} h$ gesetzt wird,

$$h = 1{,}38 \sqrt[3]{\frac{Q l_1}{k}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 13.$$

[9]) W. Pressel, Normalien der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft für hölzerne Brücken. Wien 1867.

Vorstehende Gleichungen können zur Berechnung der Querschwellenstärken auch dann noch verwendet werden, wenn die Fahrschienen nicht vollkommen in der Mitte zwischen den Trägern liegen, falls für l_1 nur der gröfsere ihrer Abstände von dem End- und Mittelträger eingeführt wird. Auch lassen sich diese Abstände so wählen, dafs jene Drücke auf die drei Längsbalken einander gleich werden.

Die Mafse der Querschwellen, welche die Last der Eisenbahnzüge auf die Hauptlangträger zu übertragen haben, werden nach Anordnung, insbesondere nach der Zahl und Entfernung der Tragbalken, sowie nach dem Gewichte der sie befahrenden Maschine zweckmäfsig im voraus berechnet und tabellarisch zusammengestellt. Legt man z. B. bei Anwendung von je zwei Hauptträgern Entfernungen derselben von je 2 bis 4,5 **m** von Mitte zu Mitte und bei Anwendung von je drei Hauptträgern Entfernungen derselben von je 2,5 bis 4 **m** zu Grunde, so ergeben sich für leichte und schwere Maschinen von bezw. 30000 **kg** Gewicht mit Tender bei 10800 **kg** gröfstem Achsendruck und 67800 **kg** Gewicht mit Tender bei 12100 **kg** gröfstem Achsendruck die auf S. 13 zusammengestellten Mafse.

Der Längsbohlenbelag der Querschwellen wird bei Eisenbahnbrücken je nach deren Abstand 3 bis 5 **cm** stark angenommen.

2. Die Verkehrsbahn der hölzernen Strafsenbrücken.[10]) Die Breite einer Strafsenbrücke beträgt, je nachdem sie von einem oder mehreren Fuhrwerken zugleich befahren werden soll, 4 bis 8 **m**, wovon bezw. 2,5 bis 5,5 **m** auf die Fahrbahn und je 0,75 bis 1,5 **m** auf beide Fufssteige kommen. Nicht selten wird die Fahrbahn doppelspuriger Strafsenbrücken zu 5 **m** und jeder ihrer Fufssteige zu 1,25 **m**, mithin die lichte Gesamtweite zu 7,5 **m** angenommen.

Die Fahrbahn erhält im einfachsten Falle bei schwach befahrenen Brücken einen einfachen Belag von 10 bis 15 **cm** starken Querbohlen oder bei stark befahrenen Brücken zwei Querlagen von Bohlen (Taf. III, Abb. 19 u. 28), wovon nur die 12 bis 18 **cm** starke untere als tragend anzusehen ist, während die 4 bis 6 **cm** starke obere, bevor sie ganz durchgefahren ist, ausgewechselt wird. Man hat auch eine auf einer unteren Bohlenlage ruhende Beschotterung verwendet (Taf. III, Abb. 12).

Zu den Bohlenbelägen wird gewöhnlich Kiefernholz verwendet, welches freilich nach angestellten Versuchen[11]) mehr abgenutzt wird, als Eichenholz und Buchenholz, aber der Fäulnis besser widersteht, als das letztere. Buchenbohlen werden bei Regen und Reif so glatt, dafs schon bei geringer Neigung der Bahn das Befahren der Brücken erschwert, ja gefährlich wird.

Die Querbohlen bedürfen zu ihrer Unterlage entweder einer hinreichenden Anzahl je 0,75 bis 1,25 **m** voneinander entfernter, 20 bis 22 **cm** breiter und 25 bis 30 **cm** hoher Langbalken, sogenannte Strafsenträger (Taf. III, Abb. 28 und Taf. IV, Abb. 9, 14, 22), oder, wenn Hauptträger mit gröfserem Abstande vorhanden sind, ähnlicher Langbalken, welche mittels je 1,5 bis 2,5 **m** voneinander entfernter, 20 bis 25 **cm** breiter und 25 bis 35 **cm** hoher Querschwellen auf jenen ersteren ruhen (Taf. III, Abb. 23 bis 29, und Taf. IV, Abb. 6 bis 9).

Um den einfachen Bohlenbelag vor dem Zerfahren zu schützen und die Last der Fuhrwerke zu verteilen, wird derselbe wohl mit Saumschwellen eingefafst und mit einer 5 bis 15 **cm** starken Beschotterung aus grobem, jedoch reinem Kies bedeckt (Abb. 6

[10]) Vergl. auch die Bemerkungen über Ausführung der Brückenbahn in § 16 dieses Kapitels.

[11]) Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 37.

und Taf. IV, Abb. 11, 14, 28, 29), erhält aber hierdurch eine ungleich gröfsere ständige Belastung. Das letztere gilt in noch höherem Grade von der auf einem Bohlenbelage ruhenden Packlage mit einer darüber ausgebreiteten Beschotterung (Abb. 7), sowie von dem auf einer Sandschicht ruhenden Steinpflaster, welches überdies das Austrocknen der Bohlen hindert und eine öftere Kontrolle und Auswechselung des Belages sehr erschwert. Leichter, elastischer und geräuschloser ist das Holzpflaster, welches meist aus quadratischen, 12 bis 18 **cm** hohen, geteerten Klötzen von Nadelholz besteht, die mit den Hirnenden auf eine etwa 5 **cm** hohe Sandschicht oder besser unmittelbar auf den Bohlenbelag gestellt werden. Das Holzpflaster, so zweckmäfsig es bei bedachten Brücken ist, hat den Nachteil, dafs es bei unbedachten Brückenbahnen in der Nässe aufquillt und dann die einzelnen Klötze und dadurch die seitlichen Einfassungen auseinander treibt. Neuerdings werden die Pflasterklötze aus sorgfältig gewähltem, mit heifsem Kreosotöl getränktem Nadelholz von 16 bis 18 **cm** Länge, 8 **cm** Dicke und 10 bis 12 **cm** Höhe gewählt. Dieselben werden mit 9 **mm** weiten Längsfugen und versetzten Stofsfugen auf einer Zementunterlage verlegt; die Fugen werden mit dünnflüssigem Zement ausgegossen. Das so gebildete Holzpflaster wird mit scharfem Sande bestreut, der bei dem Befahren eindringt und eine feste Haut bildet. Die Erhaltung dieses Pflasters erfordert ein zeitweiliges Reinigen, Sprengen sowohl zum Niederschlagen des Staubes, als auch gegen Austrocknung bei Hitze und Bestreuen mit Sand und Kies zur Erneuerung der festen Oberhaut und Verhütung des Ausgleitens.[12])

Abb. 6.

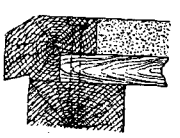


Abb. 7.

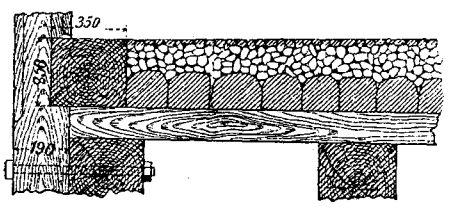
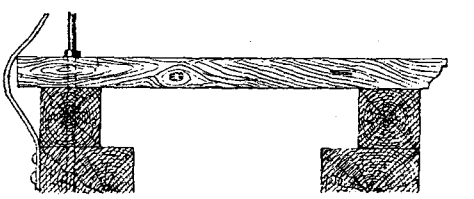


Abb. 8.



Die Fufsbahn wird bei schmalen, von Fufsgängern wenig benutzten Brücken wohl weggelassen oder mit der Fahrbahn vereinigt (Taf. III, Abb. 12 und Taf. IV, Abb. 11, 14, 23), bei breiten, stark begangenen Brücken meist aus Querbohlen (Abb. 8), oder aus Längsbohlen hergestellt (Taf. IV, Abb. 9). Besteht die Fahrbahn aus einem doppelten Bohlenbelag, so läfst man an den Seiten nur den unteren durchgehen und als Fufssteig dienen (Taf. III, Abb. 19, 28 u. 29); besitzt die Fahrbahn eine durch Saumschwellen eingefafste Beschotterung, so werden diese meist zugleich als Rinnen (Abb. 9) und Unterstützungen querliegender Fufswegbohlen benutzt (Taf. IV, Abb. 9), welche aufserdem durch zwei oder mehrere Langschwellen unterstützt werden und ein Gefälle nach aufsen oder nach den Rinnen erhalten. Die Ableitung des Wassers, welche man hier meist durch mehrere senkrecht in die Rinnen eingesetzte, nicht zu kurze Blechröhren bewirkt, wird vollständiger erreicht, wenn zwischen der Saumschwelle der Fahrbahn und der ihr zunächst liegenden Langschwelle der Fufsbahn ein Zwischenraum bleibt, durch welchen das Tagewasser ablaufen kann.

Die 0,75 bis 1 **m** hohe Brüstung, welche bei kleinen Bauwerken ganz wegfällt, wird, wie bei den Eisenbahnbrücken, aus Pfosten mit Holmen und Brustriegeln konstruiert; die Pfosten werden mit den Lang- oder Querschwellen der Brückenbahn

[12]) Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 38; 1894, S. 111, 143, 179; 1897, S. 321, 363, 448. Deutsche Bauz. 1901, S. 106.

Abb. 9. *Brücke bei Reutlingen.*

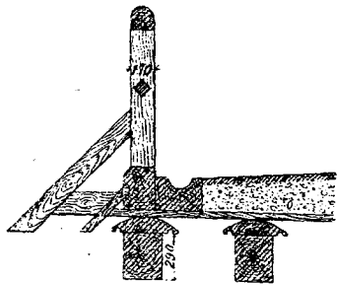


Abb. 10.

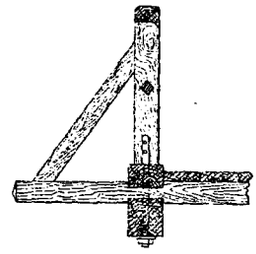
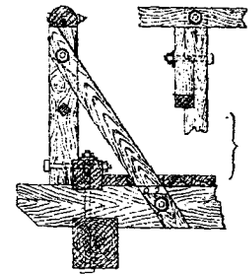


Abb. 11.



verbunden. Eine wirksame seitliche Absteifung der Geländerpfosten bilden Streben, welche mit den Pfosten und den etwas verlängerten Querschwellen verzapft (Abb. 10), oder besser überblattet werden (Abb. 11). Die Füllung der Brüstung besteht gewöhnlich aus einfachen (Taf. I, Abb. 25, 27 und Taf. II, Abb. 7) oder aus je zwei übereinander angebrachten Riegeln (Taf. III, Abb. 13, 14, 23 u. 29), oder behufs besserer Längsversteifung der Geländerpfosten aus überblatteten, zwischen die letzteren eingezapften Kreuzstreben (Taf. III, Abb. 15, 16). Die Geländerfüllungen reicherer, z. B. in Städten erbauter Brücken bestehen teils aus vollerem facettiertem Stabwerk, teils aus abgehobelten, in die Brustriegel eingenuteten und mit der Laubsäge ausgeschnittenen Brettern, welche zur Vermeidung von Fäulnis unten nicht bis zum Bohlenbelag reichen, sondern von innen an einen Querriegel angenagelt werden. Bei Fachwerkbrücken mit unten liegender Brückenbahn ersetzen die Träger die Brüstungen und eignen sich, bei einer lichten Höhe von 4 bis 5 **m**, zur unmittelbaren Aufnahme eines leichten Satteldachs, welches, wegen der geschlossenen und hierdurch minder leicht austrocknenden Straſsenbahn, hier noch wichtiger als bei Eisenbahnbrücken erscheint, übrigens wie bei diesen konstruiert wird. Bei Hängewerkbrücken können die Träger die Brüstungen nur teilweise ersetzen, weshalb man zwischen denselben noch besondere Pfosten und Riegel anbringen muſs (Taf. IV, Abb. 21 u. 22).

Was die statische Berechnung betrifft, so wird gewöhnlich von einer Rücksichtnahme auf die Kontinuität der Bohlen abgesehen. Bezeichnen β die Breite und δ die Dicke der Bohlen, so ist, da ihr eigenes Gewicht in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann, für deren gröfste freiliegende Weite l und gröfste zulässige Inanspruchnahme k bei einem in ihrer Mitte wirkenden gröfsten Raddruck Q, aus $Q\frac{l}{4} = k \cdot \frac{\beta\delta^2}{6}$ die erforderliche Stärke

$$\delta = 1{,}22\sqrt{\frac{Q\,l}{k\,\beta}}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 14.$$

Bei einer gröfsten, gleichförmig auf die Flächeneinheit verteilten, aus Verkehrslast und Eigengewicht zusammengesetzten Belastung q ergibt sich aus $\frac{q\,l^2}{8} = \frac{k\,\delta^2}{6}$ die Bohlenstärke

$$\delta = 0{,}87\,l\sqrt{\frac{q}{k}}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 15.$$

worin die Verkehrsbelastung zu 350 **kg**, das Eigengewicht bei Anwendung von Beschotterung zu 300 bis 400 **kg** für das Quadratmeter und, je nachdem eichene oder kieferne Bohlen verwendet werden, k zu bezw. 66 und 60 **kg** für das Quadratcentimeter angenommen werden kann.

§ 5. Die Balkenbrücken mit einfachen und zusammengesetzten Balken.

1. Eisenbahnbrücken. Die Tragbalken der Eisenbahnbrücken werden für Spannweiten von nur 1 bis 3 **m** einfach genommen, für Spannweiten von 3 bis 16 **m** aus je

2 bis je 6 Balken zusammengesetzt. Die Verbindung dieser Balken mufs die Verschiebung mehrerer übereinandergelegter Balken längs ihrer Berührungsflächen verhindern, sie kann durch eine Verzahnung oder eine Verschränkung der Balken, sowie durch Einschaltung von Dübeln oder Klötzen zwischen die Balken bewirkt werden, wobei dieselben nach den mit verzahnten, verdübelten und Klötzelträgern angestellten Zerbrechversuchen[13]) gegenüber der Bruchfestigkeit nicht zusammengesetzter Balken eine solche von durchschnittlich 50% entwickeln.

Die verzahnten Balken werden bei geringeren Spannweiten aus je zwei gleichlangen Balken, bei gröfseren Spannweiten aus je drei oder je fünf Balkenstücken zusammengesetzt und dabei deren Stöfse so verwechselt, dafs überall „voll auf Fuge“ kommt. Den in der Form flacher rechtwinkeliger Dreiecke hergestellten Zähnen gibt man eine Länge von $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der Spannweite und eine Höhe von $^1/_{10}$ der ganzen Balkendicke. Damit die Zähne bei Belastung der Balken sich dicht aneinanderschliefsen, gibt man den Balken eine Sprengung von $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ ihrer Länge und damit die Zähne an ihren Hirnholzflächen sich nicht ineinanderpressen, treibt man wohl noch schwache Keile von trockenem Eichenholz oder schiebt Zinkplättchen zwischen diese Flächen ein. Die einzelnen Teile der verzahnten Balken werden an den geeignetsten Stellen, besonders gegen die Enden hin, wo die Neigung zum Verschieben allmählich wächst, durch scharf angezogene Schraubenbolzen zusammengehalten. Die verschränkten Balken, welche mehr in lotrechter oder geneigter, als in wagerechter Lage zur Verwendung kommen, werden ähnlich wie verzahnte Balken behandelt, nur haben die Eingriffe der Balken die Form länglicher Rechtecke.

Die verdübelten Balken bestehen aus übereinandergelegten Tragbalken und wagerecht eingezogenen, schlanken eichenen Dübeln, welche leicht genau eingepafst und nach Bedürfnis angetrieben werden können. Zwischen diese Balken werden, um der Luft Zutritt zu verschaffen, um an Balkenhöhe zu gewinnen und um das Absplittern der Balken, welches durch allzustarkes Antreiben der Keile entstehen kann, zu verhindern, kleine Brettstücke, sogenannte Futterhölzer, eingelegt und durch die Verbindungsbolzen an die Balken festgepreſst (Taf. IV, Abb. 24 u. 25). Die hierdurch erzeugte starke Reibung vermindert den Seitendruck auf die Dübel, welche alsdann nur auf Scherung beansprucht werden. Die sogenannten Klötzelträger werden ähnlich wie die verdübelten Balken hergestellt, indem man die Dübel durch längere Klötze ersetzt, während man die Einlegebrettchen und die Schraubenbolzen beibehält. Die zusammengesetzten Tragbalken erhalten zur Herstellung einer guten Verbindung an ihren Stöfsen über den Zwischenjochen Sattelhölzer, welche zugleich zur Vermehrung ihrer Tragfähigkeit beitragen (Taf. IV, Abb. 24, 25 u. 31).

Werden die Querschwellen zwischen oder auf die Tragbalken gelegt, so erfordert die Versteifung der Brückenbahn Unterzüge, welche, wenn kein Tragbalken unter der Gleismitte liegt und der Abstand der beiden Seitenträger 3 m übersteigt, zugleich Stützpunkte wagerechter Versteifungskreuze bilden. Liegen diese Unterzüge nicht über 2 bis 4 m auseinander, so reichen sie bei Anwendung von leichten Maschinen zur nötigen Seitenversteifung der Träger aus. Wo Windkreuze nötig sind, erfordern dieselben nur 6 bis 10 cm starke Bohlen, welche übereinandergelegt und mit den Unterzügen durch Schrauben oder starke Nägel verbunden werden.

---

[13]) Zerbrechversuche mit hölzernen Eisenbahnprovisorien. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, No. 4, S. 30 ff.

Um hohe, aus vier und mehr einfachen Balken zusammengesetzte Träger seitlich abzusteifen, werden zwischen die Querschwellen und jene Unterzüge Kreuzbüge lotrecht eingesetzt (Taf. I, Abb. 10, 11 und Abb. 12 u. 13), welche sich gegen die Tragbalken stemmen und von den seitlich angebrachten, dieselben lotrecht absteifenden doppelten Pfosten, deren äufsere auch wohl verlängert sind und zugleich die Geländerpfosten bilden, gefafst werden. Bei oben liegender Brückenbahn sind die Querschwellen 3 bis 5 **cm** tief mit den Trägern überkämmt, die Unterzüge dagegen nur auf je 5 **cm** mit ihnen verblattet, wobei diese höchstens je 1 **cm** eingeschnitten werden. Die Langschwellen und Querschwellen werden auf je 3 **cm** überblattet, wobei die Schwächung der Querschwelle nicht über je 1 **cm** betragen darf. Der Bohlenbelag erhält eine Stärke von 5 bis 6 **cm** und zwar werden die Bohlen mit Leisten und Holzschrauben untereinander zu Tafeln verbunden. Die Geländer, deren Höhe 0,9 bis 1,2 **m** beträgt, sind in der früher angegebenen Weise anzuordnen und hierbei sind die Geländerpfosten entweder an die Querschwellen, Träger und Unterzüge (Abb. 12, 13), oder an die Quer- und Saumschwellen oder an die letzteren und an die Träger zu schrauben (Abb. 14, 15). Abb. 16 und 17 stellen Einzelteile von hölzernen Brücken der österreichischen Südbahn dar.

Abb. 12.

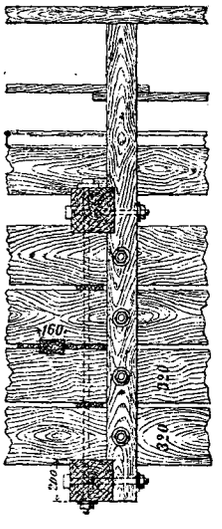


Abb. 13.

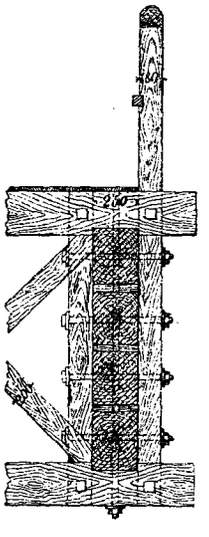


Abb. 14.

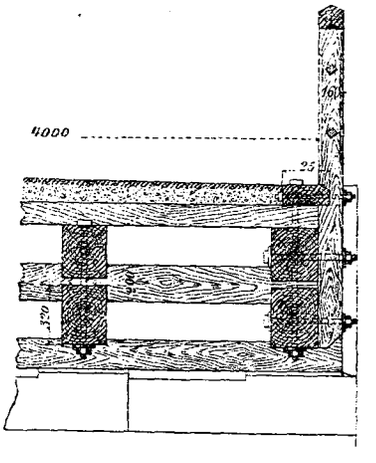


Abb. 15.

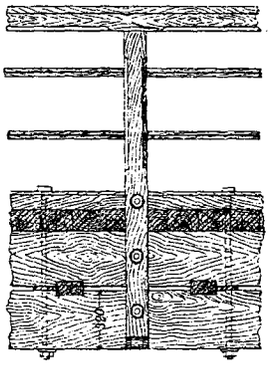


Abb. 16.

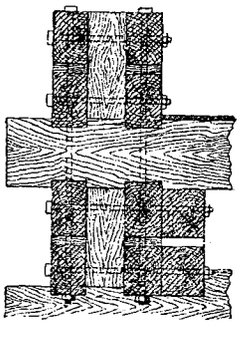
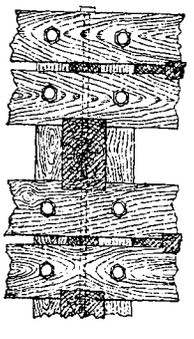


Abb. 17.



Die gröfsten Spannweiten der Eisenbahnbrücken mit verdübelten Balken hängen aufser von der Anzahl ihrer Tragbalken auch davon ab, ob diese Brücken mit leichten oder schweren Lokomotiven befahren werden und nur vorübergehende oder möglichst lange Dauer haben sollen. Legt man Balkenhöhen von 0,67 bis 1,72 **m** zu Grunde, so ergeben sich für 2, 3 und 4 Tragbalken und für Lokomotiven von 30000 **kg** und 67800 **kg** Gewicht einschliefslich Tender die nachstehenden Gröfstweiten (s. Tabelle S. 19).

Die drei letzten wagerechten Spalten dieser Tabelle enthalten zugleich die theoretischen Gröfstspannweiten einstweiliger und endgiltiger Howe'scher Fachwerkbrücken (vergl. § 9), von 2,34 bis 6,04 **m** Höhe mit je 2 Trägern für leichte und schwere Lokomotiven von den angegebenen Gewichten.

Theoretische Gröfstspannweiten für einstweilige und endgiltige Balkenbrücken.[14])

Querschnitt		Anzahl der Tragbalken	Gröfste Spannweite für die Belastung mit leichten Lokomotiven[15])		Gröfste Spannweite für die Belastung mit schweren Lokomotiven[16])	
Höhe der Träger	Konstruktion der Träger		Einstweilige Brücken m	Endgiltige Brücken m	Einstweilige Brücken m	Endgiltige Brücken m
0,67 m		2	7,1	5,8	4,9	3,9
		3	9,5	7,6	6,4	4,8
		4	11,5	9,3	7,7	5,9
1,02 m		2	13,2	10,0	8,2	6,4
		3	15,7	12,4	10,5	8,0
		4	17,9	16,1	12,2	10,8
1,37 m		2	19,6	15,8	13,4	10,5
		3	24,2	18,9	17,1	13,0
		4	27,4	22,0	20,1	15,1
1,72 m		2	21,9	17,2	15,4	11,5
		3	26,2	21,0	18,7	14,2
		4	29,4	23,6	21,8	17,0
0,92 m		2	11,2	8,6	7,0	5,4
		4	16,5	13,1	10,8	8,4
1,62 m		2	21,0	16,2	13,5	10,8
		4	27,7	22,5	20,4	16,1
2,34 m		2	38,6	31,5	29,8	23,9
3,48 m		2	48,7	39,0	38,1	30,7
6,04 m		2	65,9	54,6	53,8	43,6

2. Strafsenbrücken. Die einfachen Tragbalken der 1 bis 5 m weiten Strafsenbrücken erhalten entweder durchweg gleiche oder unter der mehr belasteten Fahrbahn eine etwas geringere Entfernung als unter den Fufswegen und ruhen bei Anwendung hölzerner Joche auf deren Holmen, bei steinernen Pfeilern auf einfachen oder doppelten eichenen Mauerschwellen, in welche die Balken zur Vermeidung einer seitlichen Verschiebung etwa 2,5 cm eingelassen werden. Um die Mauerschwellen vor Fäulnis zu schützen, werden dieselben auf einzelne, etwas überhöhte Steine gelegt (Taf. IV, Abb. 14, 29 u. 30), während dem übrigen Teile der Mauer eine Abwässerung nach der Leibung hin gegeben wird. Die Balkenenden müssen trocken und luftig liegen und werden

[14]) W. Pressel, Normalien der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft für hölzerne Brücken. Wien 1867.

[15]) Gewicht einer leichten Lokomotive samt Tender 30 000 kg, gröfste Achsenbelastung 10 800 kg.

[16]) Gewicht einer schweren Lokomotive samt Tender 67 800 kg, gröfste Achsenbelastung 12 100 kg.

deshalb mit vor Hirn gelegten Querbohlen verwahrt. Bei breiter Mauerkrone führt man hinter den Balkenenden eine niedrige Stützmauer auf und läfst zur Beförderung des Luftzugs zwischen beiden einen Zwischenraum von 2 bis 5 cm. Bei Balkenbrücken mit Zwischenjochen werden die Balken auf die Holme der letzteren gelegt und überdies durch Sattelhölzer ohne Dübel (Taf. IV, Abb. 10, 11, 24, 25) oder mit Dübeln (Taf. IV, Abb. 6 u. 9), Kopfbänder (Büge, Taf. IV, Abb. 1 bis 3), Sattelhölzer mit Kopfbändern oder Sattelhölzer auf eisernen Konsolen (Taf. IV, Abb. 6) unterstützt; bei solchen mit Zwischenpfeilern legt man die Balken auf doppelte Mauerschwellen und verbindet sie an den Stöfsen durch unterlegte und mit ihnen verschraubte Sattelhölzer. Die verdübelten Tragbalken der Strafsenbrücken erhalten meist einen Abstand von 1,5 bis 2,5 m und nehmen Querschwellen mit den je 0,75 bis 1,25 m entfernten Strafsenträgern auf; sie sind der geringeren Belastung entsprechend schwächer, jedoch in ähnlicher Weise wie diejenigen der Eisenbahnbrücken konstruiert.

3. Statische Berechnung. a) Die Balkenbrücken mit einfachen Tragbalken. Bei Spannweiten von Eisenbahn- oder Strafsenbrücken unter 1,5 m ist die Belastung durch eine Einzellast (gröfster Raddruck einer Lokomotive, eines Lastwagens oder einer Strafsenwalze) einzuführen; bei Spannweiten zwischen 1,5 und etwa 5 m ist mit einem System von Einzellasten (gröfste Raddrücke eines Eisenbahnzuges, eines Lastwagens, einer Strafsenwalze oder mehrerer Lastwagen) zu rechnen; bei Spannweiten über 5 m kann eine gleichwertige, gleichförmig verteilte Verkehrslast der Rechnung zugrunde gelegt werden. Aufserdem ist das Eigengewicht der Brückenbahn und der Träger zu berücksichtigen. Bezeichnet

Q die auf die Brücke wirkende Einzellast,

l die freitragende Länge der an den Enden frei aufliegenden Balken,

so ist das gröfste Angriffsmoment

$$^{a}M_{max} = Q\frac{l}{4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 16.$$

Versteht man unter e die gröfste über die Brücke verteilte ständige Belastung für deren Längeneinheit, so ist

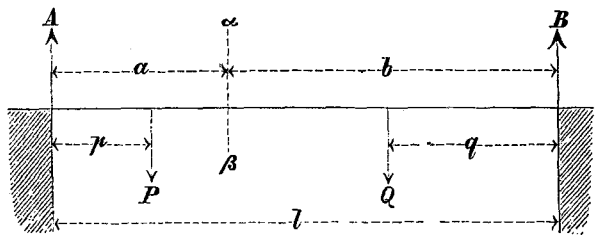
$$^{a}M_{max} = \frac{e\,l^2}{8}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 17.$$

mithin für Spannweiten unter 1,5 m das Gesamtmoment

$$^{a}M_{max} = Q\frac{l}{4} + \frac{e\,l^2}{8} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 18.$$

Nennt man P und Q die links und rechts von einem beliebigen, durch den Träger geführten Schnitte $\alpha\,\beta$ gelegenen Lasten, p und q bezw. deren Abstände von der linken und rechten Stütze, a und b die Abstände jenes Querschnittes von der linken Stütze A und der rechten Stütze B (Abb. 18), so ist das auf den Querschnitt $\alpha\,\beta$ bezogene Angriffsmoment

Abb. 18.



$$^{a}M = P\frac{p}{l}\cdot b + Q\frac{q}{l}\cdot a, \quad \ldots \quad 19.$$

welches seinen Gröfstwert für die ungünstigste Laststellung erreicht, d. h. wenn eine möglichst grofse Last über jenem Querschnitt steht und für deren Verschiebung die Bezeichnung

$$P\,b - Q\,a \gtrless 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 20.$$

stattfindet. Die Gleichung ${}^{a}M$ gilt auch noch, wenn P und Q die Mittelkräfte bezw. der Einzellasten $P_1 P_2 \ldots P_m$ und $Q_1 Q_2 \ldots Q_n$, ferner p und q die Abstände dieser Mittelkräfte, bezw. von der linken und rechten Stütze darstellen. Unter Annahme der ungünstigsten Laststellung ergibt sich daher für die Spannweite l das gröfste Angriffsmoment

$$ {}^{a}M_{max} = \frac{P p}{l} . b + \frac{Q q}{l} . a + \frac{e l^2}{8} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 21. $$

Bedeutet v die gröfste, auf die Längeneinheit gleichförmig verteilte, gleichwertige Verkehrsbelastung der Brücke, so erhält man das gröfste Angriffsmoment

$$ {}^{a}M_{max} = (v + e) \frac{l^2}{8} . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 22. $$

Da für einen hölzernen Balken mit rechteckigem Querschnitt von der Breite b, der Höhe h und der gröfsten zulässigen Druckinanspruchnahme k die Gleichung gilt $M = k . \frac{b h^2}{6}$, so erhält man für n rechteckig beschlagene Balken bei den kleinsten Spannweiten, bei denen nur eine Einzellast auf der Brücke Platz findet,

$$ Q \frac{l}{4} + e \frac{l^2}{8} = n . k \frac{b h^2}{6}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 23. $$

bei gröfseren Spannweiten und falls mehrere Einzellasten Platz finden,

$$ \frac{P p}{l} . b + \frac{Q q}{l} . a + \frac{e l^2}{8} = n . k \frac{b h^2}{6} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 24. $$

oder, wenn eine hinreichende, gleichförmig verteilte gleichwertige Belastung angenommen wird,

$$ (v + e) \frac{l^2}{8} = n . k \frac{b h^2}{6} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 25. $$

Wird mit γ das Gewicht der Raumeinheit des angewandten Holzes, mit f das Gewicht der Längeneinheit Brückenbahn mit Einschluſs der Brüstungen u. s. w. bezeichnet, so ist hierin $e = n b h \gamma + f$. Wird der Querschnitt der gröfsten Tragfähigkeit angenommen, also $b = \frac{5}{7} h$ gesetzt, so lassen sich aus vorstehenden Gleichungen entweder, wenn die Balkenstärken gegeben sind, die gröfsten zulässigen Belastungen, oder wenn die Belastungen gegeben sind, die kleinsten zulässigen Höhen h der hölzernen Träger ermitteln. Auf diese Weise erhält man beispielsweise aus der letzten Gleichung für Brücken mit gröfseren Spannweiten die gröfste zulässige Belastung ihrer Längeneinheit

$$ v = \frac{20}{21} p . n \frac{h^3}{l} - \left(\frac{5}{7} n h^2 \gamma + f \right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 26. $$

woraus bei einer Breite β der Brücke die Tragfähigkeit der Quadrateinheit $v_1 = \frac{v}{\beta}$ gefunden wird, und zur Bestimmung der Balkenhöhen die Gleichung

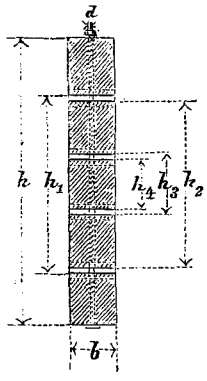
$$ h^3 - \frac{3}{4} . \frac{\gamma l^2}{k} . h^2 = \frac{3{,}7}{4{,}5} . \frac{l^2}{k n} (v + f), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 27. $$

worin man $v' \beta$ statt v zu setzen hat, wenn die Verkehrsbelastung für die Quadrateinheit der Brücke gegeben und einzuführen ist.

Bei Balkenbrücken mit mehreren Öffnungen sieht man am sichersten von einem Zusammenhang der Balken über den Mitteljochen ganz ab, da die Stöfse und Befestigungen der Balken an diesen Stellen eine nicht unbedeutende Schwächung veranlassen.

b) Die Balkenbrücken mit verdübelten Balken. Da die Träger dieser Brücken aus mehreren getrennten, meist rechteckigen Balken bestehen, welche untereinander stellenweise durch Dübel und Schrauben vom Bolzendurchmesser d verbunden sind, so ist, wenn k die gröfste zulässige Pressung und a den Abstand der meistgedrückten Faser von der Null-Linie bezeichnet, mit Bezug auf Abb. 19 das in dem Widerstandsmoment ${}^{w}M = k \frac{J}{a}$ enthaltene Trägheitsmoment

Abb. 19.



$$J = \frac{(b-d)}{12}\left[h^3 - h_1^3 + h_2^3 - h_3^3 + h_4^3 - \ldots\right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad 28.$$

zu setzen, worauf das Widerstandsmoment wegen $a = \frac{h}{2}$ allgemein den Wert

$${}^{w}M_{\min} = k\,\frac{(b-d)}{6\,h}\left[h^3 - h_1^3 + h_2^3 - h_3^3 + h_4^3 - \ldots\right] \quad \ldots\ldots \quad 29.$$

annimmt, indem für Träger z. B. mit 2 und 3 verdübelten Balken bezw. h_2, $h_3 \ldots$ und h_3, $h_4 \ldots$ Null zu setzen ist.

Da die Dübel sowohl einer Zerdrückung, als auch, unter Einwirkung der wagerechten Scherkraft, einer Abscherung zu widerstehen haben, ferner ein Abscheren des zwischen zwei Dübeln befindlichen Balkenstückes nicht eintreten darf, so sind die Abmessungen und die Entfernungen der Dübel hiernach zu bestimmen. Bezeichnet V die in einem beliebigen Querschnitte wirkende lotrechte Scherkraft, J das Trägheitsmoment des ganzen Querschnitts, und ${}^{s}M_y$ das statische Moment des zwischen der äufsersten und der im Abstand y von der Null-Linie gelegenen Schicht befindlichen Flächenteiles, so ist bekanntlich die auf die Längeneinheit wirkende wagerechte Scherkraft

$$H_s = \frac{V \cdot {}^{s}M_y}{J}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 30.$$

welche demnach sowohl von der äufsersten Schicht nach der Null-Linie hin, als auch von der Trägermitte nach den Trägerenden hin zunimmt, daher in der Null-Linie über den Balkenlagern ihren Gröfstwert erreicht.

Für Träger mit zwei und vier verdübelten Balken von der Breite b und der Gesamthöhe h wird, wenn annähernd der Querschnitt voll, also $J = \frac{b\,h^3}{12}$ angenommen wird, in der Null-Linie, für welche $y = 0$, also ${}^{s}M_y = \frac{b\,h^2}{8}$ ist, die wagerechte Scherkraft

$$H_s = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 31.$$

Für Träger mit drei verdübelten Balken von der Breite b und der Gesamthöhe h wird für dasselbe Trägheitsmoment in einer um $\frac{h}{3}$ von der äufsersten abstehenden Schicht ${}^{s}M_y = \frac{b\,h^2}{9}$, also

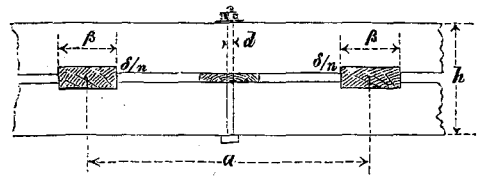
$$H_s = \frac{4}{3} \cdot \frac{V}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 32.$$

Wird allgemein

$$H_s = \alpha \cdot \frac{V}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 33.$$

gesetzt, so ist für den Fall des Gleichgewichtes — wenn m Schrauben mit der Reibung R auf den Abstand a je zweier Dübel kommen, b die Breite der Balken und $\frac{\delta}{n}$ der Eingriff eines Dübels in einen Balken ist — wenn kein Zerdrücken des Balkens bezw. Dübels stattfinden soll, mit Bezug auf Abb. 20:

Abb. 20.



$$H_s\,a - m\,R = k \cdot \frac{b\,\delta}{n} \quad \ldots\ldots \quad 34.$$

Wird in diese Gleichung der allgemeine Wert von H_s eingeführt und angenommen, dafs jede Schraube von der Querschnittsfläche $\frac{\pi\,d^2}{4}$ auf ihre volle Zugfestigkeit z beansprucht wird, so ist — wenn μ den Reibungskoeffizienten von Holz auf Holz bezeichnet, die notwendige Entfernung der Dübel

$$a = \frac{h}{\alpha\,V}\left(k\,\frac{b\,\delta}{n} + \mu\,m\,z\,\frac{\pi\,d^2}{4}\right), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 35.$$

worin $\mu = 0{,}5$ für einstweilige und $\mu = 0{,}3$ für endgiltige Brücken, $m = \frac{1}{2}$ für Strafsenbrücken und $m = 1$ für Eisenbahnbrücken, ferner $d = \frac{b}{10}$ angenommen werden kann.

Soll ein Abscheren des Dübels nicht stattfinden, so ist, wenn die durch den Bolzen erzeugte Reibung berücksichtigt wird, ferner s die Scherfestigkeit des Dübelholzes und β die Breite des Dübels bezeichnet, mindestens

$$H_s a - m R = s b \beta \quad \ldots \quad 36.$$

Soll gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abscheren der Dübel bestehen, so ist durch Division der Gleichungen 34 und 36 allgemein die Breite des Dübels

$$\beta = \frac{k}{s} \cdot \frac{\delta}{n} \quad \ldots \quad 37.$$

und, wenn $\frac{k}{s} = \frac{480}{80}$ gesetzt wird,

$$\beta = 6 \frac{\delta}{n} \quad \ldots \quad 38.$$

Damit ein Abscheren des zwischen zwei Dübeln befindlichen Balkenstückes nicht stattfinden kann, mufs, wenn mit s dessen Abscherungsfestigkeit und mit β die Länge jedes Dübels bezeichnet wird,

$$H_s a - m R = s b (a - \beta) \quad \ldots \quad 39.$$

sein, daher darf, wenn für H_s und R ihre Werte eingeführt werden und ein Abscheren der Dübel nicht eintreten soll, die Entfernung derselben höchstens

$$a = \frac{h}{a V - s b h} \left(\frac{m \pi \mu z}{4} \cdot d^2 - s b \beta \right) \quad \ldots \quad 40.$$

betragen. Soll endlich gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abscheren der Balken stattfinden, so erhält man durch Division der Gleichungen 34 und 39 allgemein die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + \frac{k \delta}{s n}, \quad \ldots \quad 41.$$

mithin, wenn $\frac{k}{s} = \frac{480}{60}$ gesetzt wird, insbesondere

$$a = \beta + 8 \frac{\delta}{n} \quad \ldots \quad 42.$$

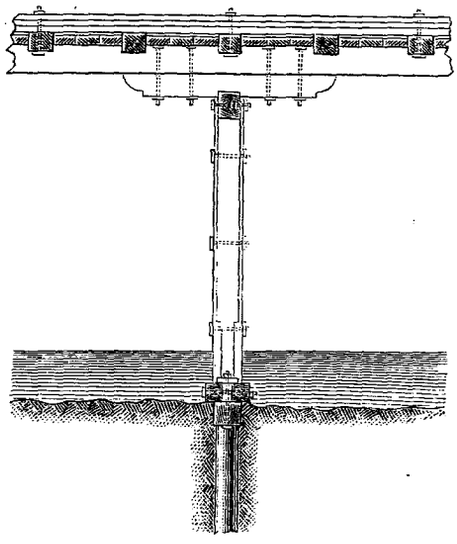
§ 6. Verstärkte Balkenbrücken.[17]) Zur Verstärkung der in Eisenbahnen oder Strafsen vorkommenden Brücken mit einfachen oder zusammengesetzten Balken werden entweder einfache oder mehrfache Sattelhölzer, Kopfbänder oder eine Verbindung von Sattelhölzern mit Kopfbändern, ferner eiserne Bauteile und geschlitzte, gespreizte Balken angewandt.

1. Die Balkenbrücken mit Sattelhölzern. Die Sattelhölzer sind zu einer Verstärkung der Tragbalken entweder nur über den Zwischenauflagern (Abb. 21) oder über den Zwischen- und Endauflagern zugleich bestimmt, indem sie daselbst die Biegung jener Balken erschweren oder die freie Weite derselben vermindern sollen. Zu diesem Zweck werden sie durch Schrauben ohne oder mit Anwendung von dazwischengelegten Dübeln

[17]) Literatur, einfache und verstärkte Balkenbrücken betr.: Söhlke, Über Chausseebrücken in Holzbau. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1852, S. 281. — Einzelheiten hannoverscher und braunschweigischer Balkenbrücken (sorgfältig durchgebildet). von Kaven, Der Wegebau. Hannover 1870. S. 261. — Hölzerne Strafsenbrücke über die alte Oder bei Oderberg. Rombergs Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1874, S. 35. — Hölzerne Wegebrücke bei Marienbad (verdübelte Balken). Daselbst 1875, S. 67. — Pohlmann, Provisorium für die Königl. Ostbahn zu Frankfurt a. d. Oder (Balkenbrücke mit Kopfbändern). Deutsche Bauz. 1879, S. 210. — Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart, Abt. III. Leipzig 1891.

mit den Balken verbunden. Über den Zwischenauflagern befinden sich jene Schrauben an den Enden und in der Mitte der Sattelhölzer, wenn die Tragbalken durchlaufende sind und auf zwei Mauerschwellen oder Jochholmen ruhen, in der Nähe der Mitte, wenn die letzteren daselbst gestofsen sind, oder wenn sie durchlaufend sind und auf einer Mauerschwelle oder auf einem Jochholme ruhen. Die Verteilung der Dübel erfolgt nach den im § 5 aufgestellten Grundsätzen, wonach die Dübel gegen die Enden der Sattelhölzer hin anzuwenden, in deren Mitte aber wegzulassen sind. Über den Endauflagern läfst man die Sattelhölzer richtiger fort, da die Momente nahe den Endauflagern klein sind, eine Verstärkung des Querschnitts durch die Sattelhölzer also nicht erforderlich ist. Erweisen einfache Sattelhölzer sich zu schwach, so werden auch wohl doppelte angewendet, wobei die unteren etwas kürzer genommen und unter sich und mit den Tragbalken in ähnlicher Weise durch Dübel und Schrauben verbunden werden.

Abb. 21.



Bei geringeren Spannweiten und Belastungen werden die Zwischen- und Endjoche dieser Brücken einteilig, d. h. mit einfacher Pfahlreihe und einfachem Jochholm, bei gröfseren Spannweiten und Belastungen zweiteilig, d. h. mit doppelter Pfahlreihe und doppelten Jochholmen nach den im § 10 entwickelten Grundsätzen hergestellt, jedoch ist wegen des nachteiligen Einflusses von hinterfülltem, stets mehr oder minder feuchten Boden auf Holzwerk ein Endpfeiler einem Endjoch unbedingt vorzuziehen.

2. Die Balkenbrücken mit Kopfbändern. Die Kopfbänder sind zu einer Unterstützung der Tragbalken zu beiden Seiten der Zwischenauflager und an den Endauflagern bestimmt, indem sie die freie Weite der Tragbalken vermindern sollen. Zu diesem Zweck sind deren Längen so gering und deren Abmessungen so stark zu wählen, dafs sie den von den Balken ausgeübten Druck aufnehmen können, ohne seitlich auszubiegen. Der zweckmäfsigste Neigungswinkel, unter welchem sich dieselben an die Tragbalken anschliefsen, beträgt 45°. Hierdurch, sowie durch die verfügbare Konstruktionshöhe, welche von dem höchsten Wasserstande oder dem zu unterführenden Wasser- oder Landverkehr abhängt, wird die Länge der Kopfbänder bestimmt und hiernach der erforderliche Querschnitt berechnet. Die Verbindung der Kopfbänder mit den Tragbalken und den Jochpfosten geschieht entweder durch Versatzung mit Zapfen (Abb. 22), oder durch Verblattung (Abb. 23). Die mit Zapfen versehenen Kopfbänder werden entweder sogleich bei dem Aufbringen der Träger eingesetzt, wodurch die beste Verbindung mit den Trägern und Jochen hergestellt wird, oder sie werden nachträglich „eingejagt“ und erhalten dann oben gewöhnliche Schrägzapfen, unten sogenannte Jagzapfen, welche nach einem Kreisbogen, dessen Radius der Länge des Kopfbandes entspricht, abgerundet und mit schweren

Abb. 22.

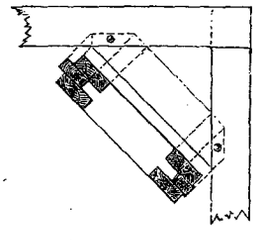


Abb. 23.

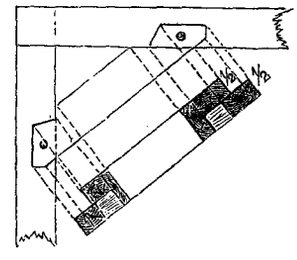


Abb. 1-23. Einstweilige hölzerne durch eiserne zu ersetzende Brücken. M. 1 : 400.

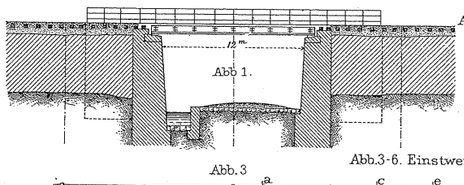


Abb. 1.

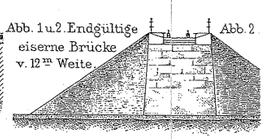


Abb. 1 u. 2. Endgültige eiserne Brücke v. 12 m Weite.

Abb. 2

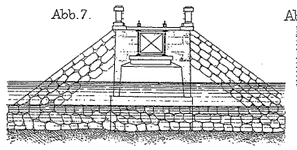


Abb. 7.

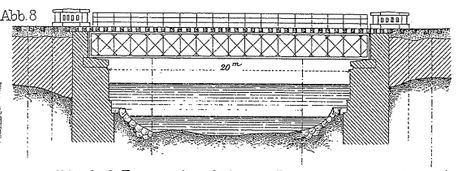


Abb. 8

Abb. 7 u. 8. Endgültige eiserne Brücke v. 20 m Weite.

Abb. 3-6. Einstweilige hölzerne Brücke zu Abb. 1 u. 2.

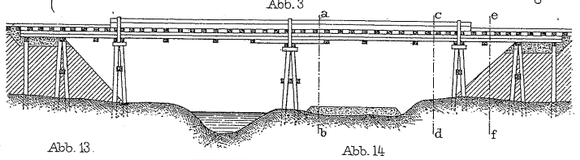


Abb. 3

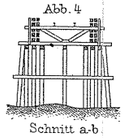


Abb. 4

Schnitt a-b

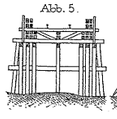


Abb. 5.

Schnitt c-d.

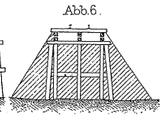


Abb. 6.

Schnitt e-f.

Abb. 9-12. Einstweilige hölzerne Brücke zu Abb. 7 u. 8.

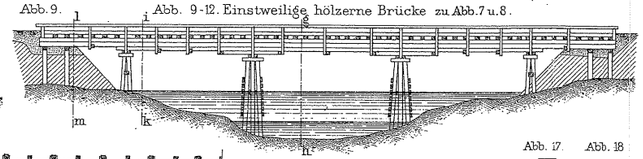


Abb. 9.

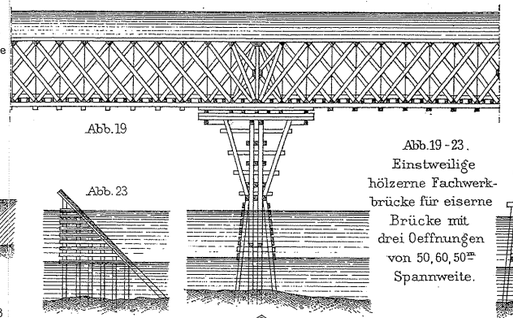


Abb. 19

Abb. 19-23. Einstweilige hölzerne Fachwerkbrücke für eiserne Brücke mit drei Oeffnungen von 50, 60, 50 m Spannweite.

Abb. 23

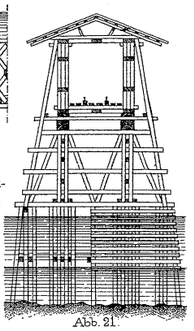


Abb. 21.

Abb. 13.

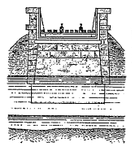


Abb. 14.

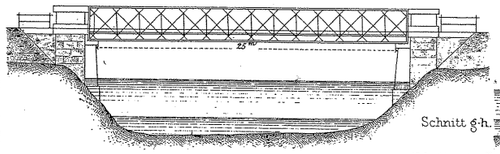
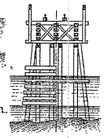


Abb. 13 u. 14. Endgültige eiserne Brücke von 25 m Weite.

Abb. 10

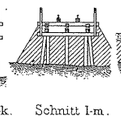


Schnitt g-h.

Abb. 11.

Schnitt i-k.

Abb. 12.



Schnitt l-m.

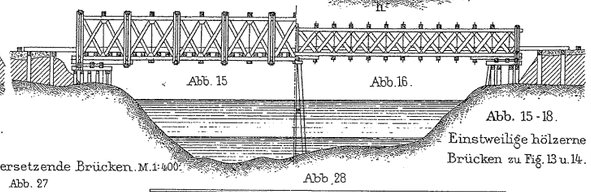


Abb. 15.

Abb. 16.

Abb. 15-18. Einstweilige hölzerne Brücken zu Fig. 13 u. 14.

Abb. 17.

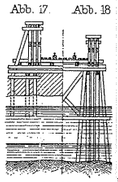


Abb. 18

Abb. 20

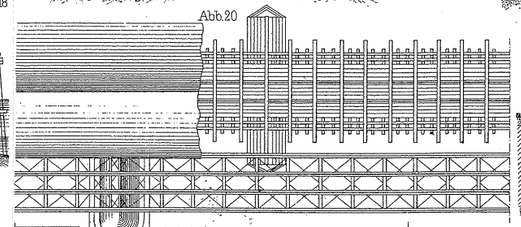


Abb. 22.

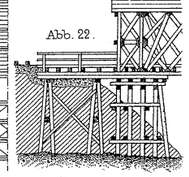


Abb. 24-42. Einstweilige hölzerne durch steinerne zu ersetzende Brücken. M. 1:400.

Abb. 24.

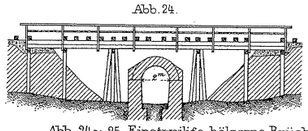


Abb. 25

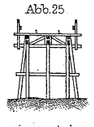


Abb. 24 u. 25. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 8 m Weite.

Abb. 26.

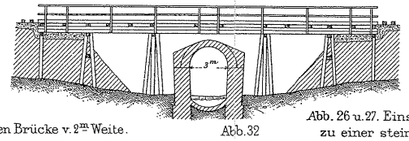


Abb. 27

Abb. 26 u. 27. Einstweilige hölzerne Brücke, zu einer steinernen Brücke v 3 m Weite.

Abb. 28

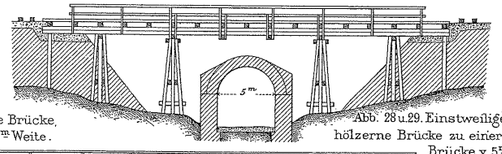


Abb. 29.

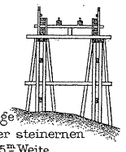


Abb. 28 u. 29. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 5 m Weite.

Abb. 30.

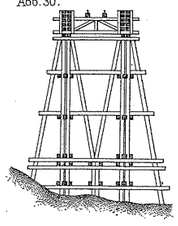


Abb. 31

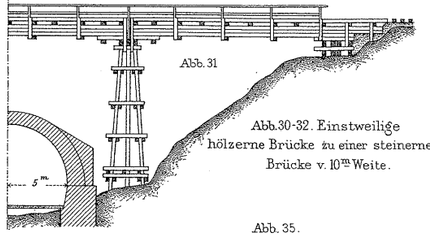


Abb. 30-32. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 10 m Weite.

Abb. 32

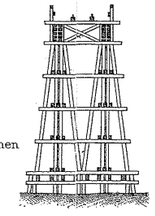


Abb. 33 u. 34. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 6 m Weite.

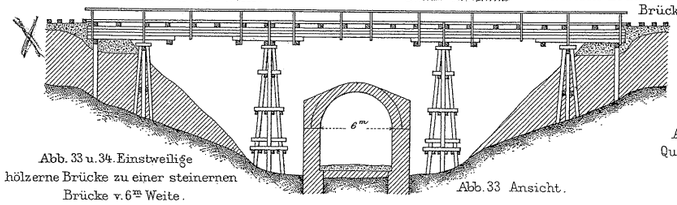


Abb. 33 Ansicht.

Abb. 34. Querschnitt

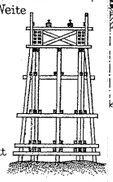


Abb. 39

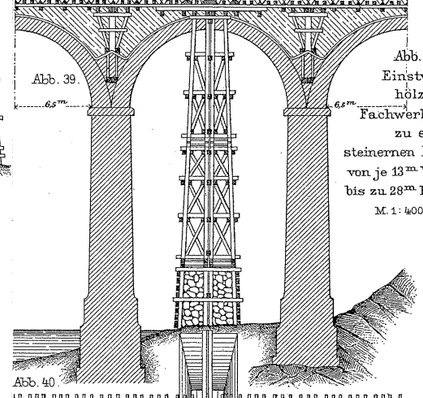


Abb. 40

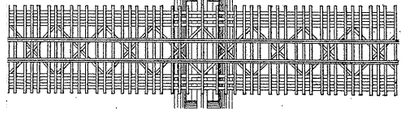


Abb. 39-42. Einstweilige hölzerne Fachwerkbrücke zu einer steinernen Brücke von je 13 m Weite bis zu 28 m Höhe. M. 1 : 400.

Abb. 41.

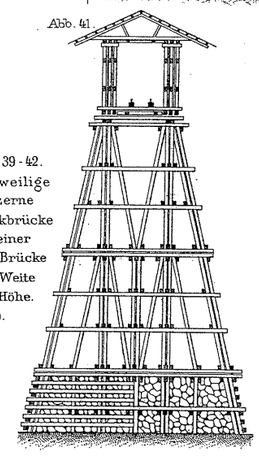


Abb. 42.

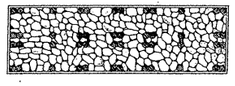


Abb. 35.

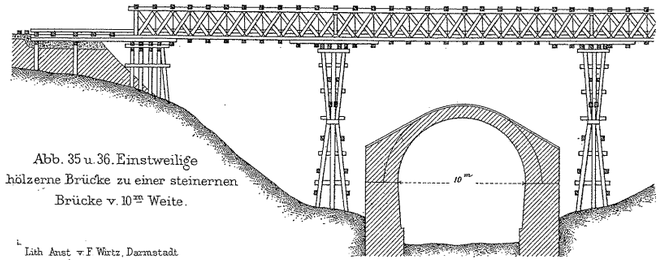


Abb. 35 u. 36. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 10 m Weite.

Abb. 36.

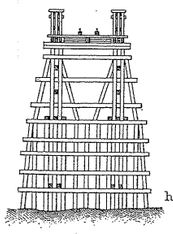


Abb. 37

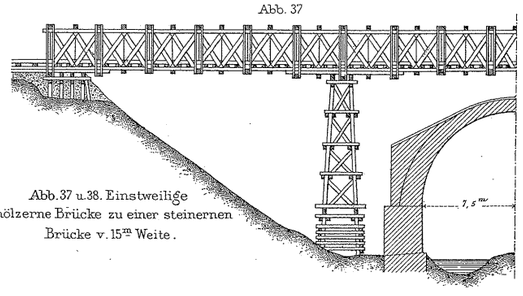
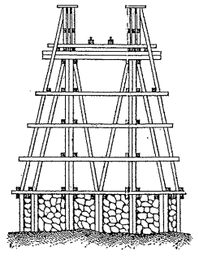


Abb. 37 u. 38. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 15 m Weite.

Abb. 38



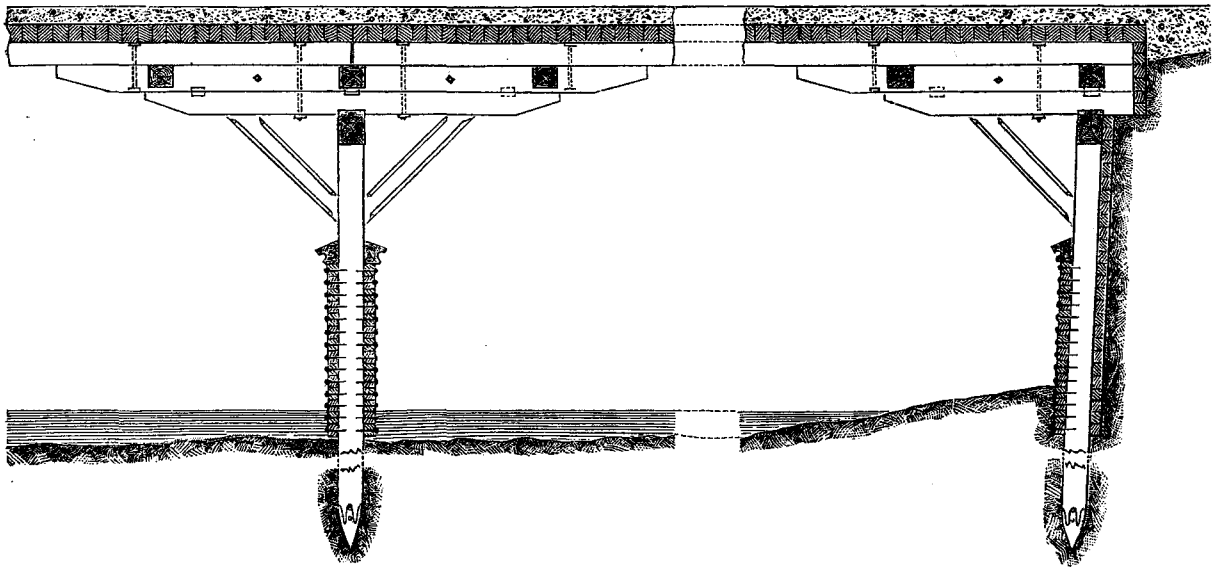
Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Hämmern eingetrieben werden. Mit schrägen Blättern versehene Kopfbänder können ebenfalls nachträglich eingesetzt werden.

3. Die Balkenbrücken mit Sattelhölzern und Kopfbändern. Wo die Tragbalken und Sattelhölzer durch die Dübel und Schrauben oder die Tragbalken und Kopfbänder durch die Verzapfungen oder Verblattungen verhältnismäfsig zu sehr geschwächt werden, wo die Sattelhölzer für sich zu weit ausladen oder wo die Kopfbänder bei dem günstigsten Neigungswinkel zu tief herabreichen würden, werden einfache oder doppelte Sattelhölzer in Verbindung mit Kopfbändern angewandt, welche übrigens untereinander und mit ihren Auflagern in der unter 1. und 2. erörterten Weise verbunden werden. Bei der auf diese Weise konstruierten, in Abb. 24 u. 25 dargestellten Reichenbachbrücke über die Isar in München mit 14,6 m weiten Öffnungen laden die oberen und unteren Sattelhölzer bezw. 4,2 und 3,1 m auf jeder Seite der hölzernen Joche aus. Hierbei sind jedoch die oberen Sattelhölzer zur Vermeidung eines seitlichen Ausweichens durch Querriegel und etwas versetzte Querbolzen untereinander verbunden, während sie durch je drei eingelegte Dübel gegen seitliche Verschiebung auf den untersten Sattelhölzern gesichert sind.

Abb. 24. Abb. 25.



4. Statische Berechnung der Balkenbrücken mit Sattelhölzern und Kopfbändern. Werden die Tragbalken über den Zwischenstützen mit den Sattelhölzern durch Dübel und Schrauben so verbunden, dafs sie annähernd als ein ganzes anzusehen sind, so erscheinen diese Tragbalken — auch wenn sie daselbst gestofsen sind — als durchlaufende Träger und sind nach der Elastizitätstheorie zu berechnen, deren Grundgleichung bekanntlich

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{{}^{a}M}{EJ} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 43.$$

ist, worin ${}^{a}M$ das Angriffsmoment, J das Trägheitsmoment des Trägerquerschnittes und E die Elastizitätsziffer des Holzmaterials bezeichnet.[18])

Darf man annäherungsweise annehmen, dafs die Tragbalken über den Zwischenstützen wagerecht eingespannt sind und nur an den Enden frei aufliegen, so ist die Breite b und Höhe h des Balkens mit der freiliegenden Länge l, dem Eigengewicht e

[18]) Über die weitere Behandlung dieser Gleichung siehe u. a. Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart. Zweite Auflage. Abt. III, S. 9 ff.

für die Längeneinheit und der zulässigen Inanspruchnahme k mit einer in der Mitte befindlichen Last Q für eine End- und Zwischenöffnung bezw. aus der Gleichung

$$\frac{3}{16}\left(Q+\frac{2}{3}el\right)l \leqq k \cdot \frac{bh^2}{6} \quad \ldots \quad 44.$$

und

$$\frac{1}{8}\left(Q+\frac{2}{3}el\right)l \leqq k \cdot \frac{bh^2}{6} \quad \ldots \quad 45.$$

zu entnehmen, worin die erstere in beiden Öffnungen die gröfseren Abmessungen liefert, folglich bei Annahme eines gleichen Querschnitts die mafsgebende ist.

Bei einer über den Tragbalken gleichmäfsig verteilten Last P ergeben sich jene Abmessungen für eine End- und Zwischenöffnung bezw. aus der Gleichung

$$\frac{1}{8}(P+el)l \leqq k \cdot \frac{bh^2}{5} \quad \ldots \quad 46.$$

und

$$\frac{1}{12}(P+el)l \leqq k \cdot \frac{bh^2}{6} \quad \ldots \quad 47.$$

wovon bei Annahme eines in beiden Öffnungen gleichen Querschnitts wieder die erstere mafsgebend ist. In allen Fällen ist für k die kleinere zulässige Inanspruchnahme anzunehmen. In vorstehenden Gleichungen ist für den Querschnitt der gröfsten Tragfähigkeit $b = \frac{5}{7}h$ zu setzen; h nimmt alsdann den gröfsten und kleinsten Wert an, wenn l bezw. der Entfernung der Stützen und der Sattelholzenden gleichgesetzt wird.

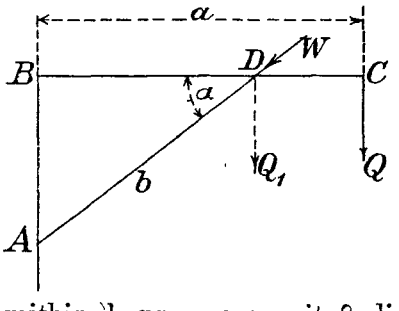
Aus diesen mehr oder minder abweichenden Grenzwerten ist mit Rücksicht auf die Länge der Sattelhölzer und deren Verbindungsweise mit den Tragbalken ein geeigneter Zwischenwert abzuleiten. Die gröfste Stärke h_1 des Sattelholzes ergibt sich aus der Annahme, dafs der halbe gröfste Auflagerdruck A einer Zwischenstütze an dessen Ende wirkt, also, wenn mit l_1 die Länge des Sattelholzes bezeichnet wird, aus der Gleichung

$$\frac{A \cdot l_1}{4} \leqq k \cdot \frac{bh_1^2}{6}, \quad \ldots \quad 48.$$

worin b meist der zuvor ermittelten Breite des Tragbalkens entspricht.

Bei Anwendung von Kopfbändern können die unverstärkten oder durch Sattelhölzer verstärkten Tragbalken als unmittelbar von denselben unterstützt angesehen werden, wenn die Kopfbänder durch angemessene Stärke gegen seitliche Ausbiegung gesichert sind. Bezeichnet Q die neben dem oberen Kopfende eines Kopfbandes in der Entfernung a vom Stützpunkte wirkende Last (Abb. 26), α den Neigungswinkel, welchen das Kopfband von der Länge b mit der Wagerechten einschliefst, so ist der längs des Kopfbandes wirkende Druck[19])

Abb. 26.



$$W = Q\frac{a}{b \cdot \cos\alpha \sin\alpha} = Q \cdot \frac{2a}{b \cdot \sin 2\alpha}, \quad \ldots \quad 49.$$

mithin kann, wenn mit β die gröfste, mit δ die kleinste Stärke des an den Enden eingezapften, etwas drehbaren Kopfbandes, mit E die Elastizitätsziffer und mit ν ein Sicherheitskoeffizient, der bei Holz etwa zu $\frac{1}{10}$ anzunehmen ist, bezeichnet wird, aus der Gleichung

$$W = \frac{\nu\pi^2 E}{12} \cdot \frac{\beta\delta^3}{b^2} \quad \ldots \quad 50.$$

eine der erforderlichen Abmessungen β, δ ermittelt werden. Der Druck W wird unter übrigens gleichen Umständen am kleinsten, wenn $\sin 2\alpha = 1$ oder wenn das Kopfband

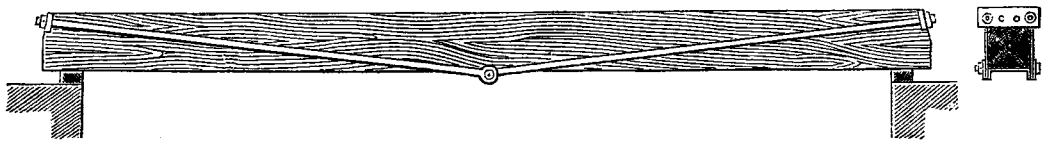
[19]) Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart. Abt. III. Zweite Auflage. S. 27.

unter einem Neigungswinkel $\alpha = 45°$ angebracht wird. Bei Anwendung mehrerer Kopfbänder gelten dieselben Formeln, wenn für Q diejenigen Lastenteile eingeführt werden, welche an den Köpfen der einzelnen Kopfbänder wirken. Die in diesen Kopfbändern entwickelten Drücke werden unter übrigens gleichen Umständen am geringsten, wenn deren Neigungswinkel von 45° möglichst wenig abweichen.

5. Armierte Balkenbrücken. Die Balken, welche für sich zu schwach sind, um die ihnen zufallende Verkehrslast zu tragen, werden in der Regel bei geringeren Balkenstärken und Spannweiten mit einfachen, bei gröfseren Spannweiten mit zweifachen Armierungen versehen. Diese Armierungen bestehen entweder in einer Aufhängung der Balken an eisernen Zugstangen, oder in einer Stützung derselben durch angeschraubte hölzerne Streben.

a) Balkenbrücken mit einfach armierten Balken. Die aufgehängten Balken derselben werden in der Mitte durch einen untergelegten Querbolzen unterstützt, welcher auf jeder Seite durch die Ösen je zweier aus Rund- oder Flacheisen bestehenden Zugstangen gesteckt und durch Befestigung der letzteren an den oberen Balkenenden aufgehangen wird (Abb. 27). Diese Befestigung besteht gewöhnlich in einer eisernen, zu beiden Seiten etwas vorspringenden Querplatte, welche senkrecht zur Achse der Zugstangen in die Balkenenden eingelassen wird und durch welche man die mit Gewinden versehenen Enden jener Zugstangen durchsteckt; letztere werden dann mittels starker Muttern scharf angezogen.

Abb. 27.



Sind Balken von der Länge l, der Breite b und der Höhe h verfügbar, wovon jeder die gröfste, auf seine Mitte reduzierte Belastung P zu tragen hat, so ist ein solcher bei einer zulässigen Inanspruchnahme k im Stande, den Lastanteil

$$\alpha P = \frac{2}{3}\frac{k b h^2}{l} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 51.$$

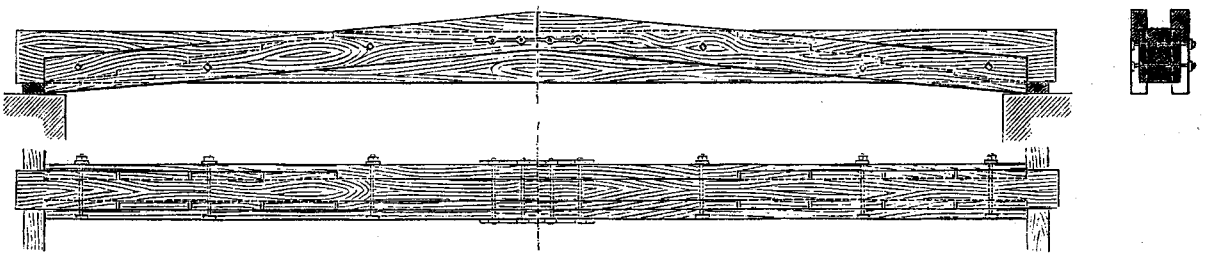
zu tragen, woraus sich α bestimmen läfst. Um den Rest $P(1-\alpha)$ der Last übertragen zu können, müssen die Zugstangen bei einer zulässigen Beanspruchung z den nutzbaren Gesamtquerschnitt

$$F = \frac{P(1-\alpha)}{2z}\sqrt{\frac{h^2 + (1/2\, l)^2}{h}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 52.$$

erhalten, wovon bei je zwei Zugstangen auf jede die Hälfte kommt. Werden dieselben aus Rundeisen hergestellt und an den äufseren Enden mit Gewinden von 0,2 D des äufseren Durchmessers versehen, so beträgt deren äufserer Durchmesser

$$D = \frac{2}{1-0{,}4}\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 1{,}88\sqrt{F} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 53.$$

Abb. 28.



Die einfachen Sprengwerkbalken (Abb. 28) bestehen aufser den Hauptbalken aus je zwei zu beiden Seiten angebrachten, geneigten hölzernen Streben, welche durch Schraubenbolzen mit jenen verbunden werden. Um ein Ineinanderpressen der Streben an den sich berührenden Hirnenden zu vermeiden, legt man hinreichend grofse Kupfer- oder Eisenplättchen ein. Die statische Berechnung ist entsprechend derjenigen der einfachen Hängewerkbalken, nur ist in der Gleichung für F der Wert k statt z einzuführen und auf Holz zu beziehen.

b) Balkenbrücken mit doppelt armierten Balken. Dieselben werden meist als Hängewerkbalken zur Ausführung gebracht (Abb. 29) und werden dann durch je zwei Querbolzen unterstützt, welche in etwa $^1/_3$ bis $^2/_7$ der Balkenlänge von den Auflagern entfernt angeordnet sind; sie werden durch wagerechte, an den Enden mit Ösen versehene Schienen gesteckt und wie bei den einfachen Hängewerken an den Enden der Balken oben aufgehängt.

Abb. 29.

Sind Balken von den zuvor angegebenen Abmessungen verfügbar, und in den Entfernungen l_1 von ihren Enden mit den gleichen gröfsten Einzellasten P beschwert, so kann jeder Balken hiervon den Anteil

$$\alpha P = \frac{1}{6}\frac{k b h^2}{l_1} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 54.$$

tragen, woraus α zu bestimmen ist. Um den Rest $P(1-\alpha)$ dieser Last übertragen zu können, müssen die geneigten und die wagerechten Teile der dreiteiligen Zugstangen bezw. einen nutzbaren Gesamtquerschnitt

$$F = \frac{P(1-\alpha)}{z}\cdot\frac{\sqrt{h^2+l_1^2}}{h} \text{ und } F_1 = \frac{P(1-\alpha)}{z}\cdot\frac{l_1}{h} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 55.$$

erhalten, woraus bei Anwendung von Rundeisen deren äufserer Durchmesser wie vorher zu bestimmen ist.

Als Beispiel einer mittels doppelter Sprengwerkbalken, bei welchen zwischen je zwei Streben noch ein Spannriegel eingeschaltet ist, verstärkten Balkenbrücke mit verdübelten Balken ist die Strafsenbrücke über die Tauber bei Bischofsheim[20]) mit 5 Öffnungen von 13,2 m Lichtweite anzuführen. Die aus einem Bohlenbelag mit Beschotterung bestehende Fahrbahn derselben wird über jeder Öffnung durch sieben Strafsenträger aus Rundholz unterstützt, welche auf drei Unterzügen ruhen. An jeder Stirnseite wird sie aufserdem durch einen armierten Balken getragen; derselbe besteht aus zwei äufseren durch doppelte Sattelhölzer unterstützten, verdübelten Balken, zwischen welche zwei doppelte Sprengwerkbalken eingebaut und verschraubt sind. An diese beiden Hauptträger, welche etwas über die Fahrbahn hervorragen und den Bohlenbelag der erhöhten Fufswege aufnehmen, sind jene drei Unterzüge angeschraubt, welche die Strafsenträger verbinden.

6. Balkenbrücken mit gespreizten Balken. Die Tragfähigkeit von Brückenbalken läfst sich auch erhöhen, wenn man deren Widerstandsmoment von den Enden nach der Mitte hin dadurch vergröfsert, dafs man sie etwa in ihrer halben Höhe aufschlitzt und durch Spreizklötze mit nach der Mitte hin zunehmender Höhe auseinanderspreizt. Wird nämlich ein Balken von der Breite b und der Höhe h in halber Höhe aufgeschlitzt und dann in der angegebenen Weise von den Enden nach der Mitte hin so auseinandergespreizt, dafs er hier die gesamte Höhe αh erhält, worin $\alpha > 1$, so wächst daselbst dessen ursprüngliches Widerstandsmoment $\frac{b h^2}{6}$ auf

$$^bM = \frac{b}{6}\cdot\frac{\alpha^3-(\alpha-1)^3}{\alpha}\cdot h^2, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 56.$$

somit, da in der Praxis gewöhnlich $\alpha = 2{,}5$ angenommen wird, auf $4{,}9\cdot\frac{b h^2}{6}$ oder auf fast das fünffache. Dieser Umstand veranlafste Laves, Balken in der Mitte aufzusägen, deren Enden zur Vermeidung eines völligen Aufschlitzens durch Schraubenbolzen oder um die Enden gelegte eiserne Bänder fest zusammenzuhalten und dieselben dann durch eingeschaltete Klötze auseinanderzuspreizen. Später liefs er, da die Druckfestigkeit des Holzes etwas geringer, als dessen Zugfestigkeit ist, dem oberen Balkenteile etwa $\frac{4}{3}$ von der Stärke des unteren, also dem ersteren $\frac{4}{7}h$ und dem letzteren $\frac{3}{7}h$ zur Höhe geben. Wo die Stärke eines Balkens nicht ausreicht, um das zuvor angegebene nötige Widerstandsmoment zu erzielen, kann man auch durch Zusammensetzung je zweier Balken, welche man an ihren Enden fest verbindet, die erforderliche Tragfähigkeit erreichen. Man biegt nur einen der Balken (Abb. 30) oder beide (Abb. 31) und hält sie durch hölzerne Spreizen oder Zangen auseinander. Bei Anwendung zweier Balken, von denen nur der untere gekrümmt ist, lassen sich die zur Unterstützung der Brückenbahn dienenden Querbalken unmittelbar aufbringen und befestigen, während bei Balken, von denen nur der

[20]) Vergl. deren Abbildung und Beschreibung in Harres, Schule des Zimmermanns. II. Teil, Brückenbau. Leipzig 1861. S. 122 ff.

Abb. 30.

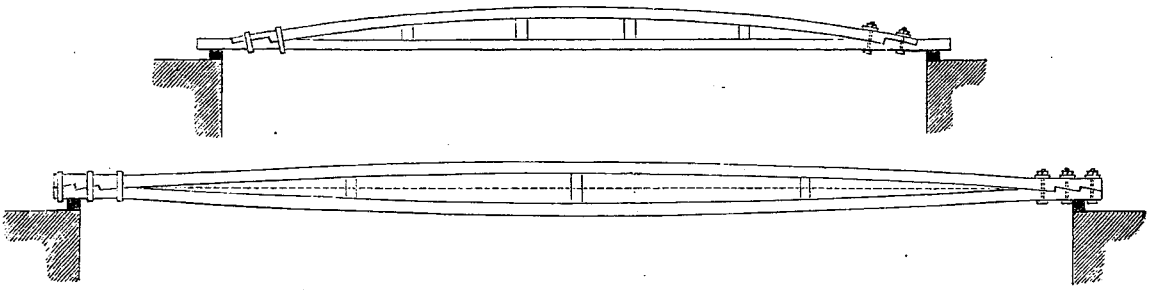


Abb. 31.

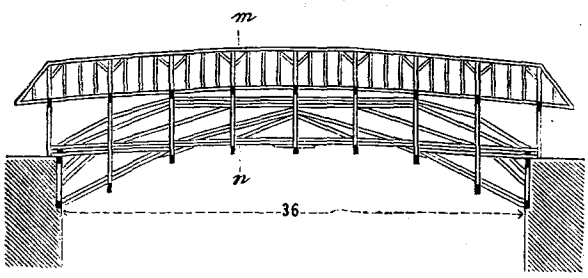
obere gekrümmt ist oder bei Balken, welche beide gekrümmt sind, Balkenstücke oder Stützklötze mit von der Mitte nach den Enden der gespreizten Balken hin zunehmender Höhe auf die letzteren aufgesattelt werden müssen, um jene Querbalken aufnehmen zu können. Die Trägerenden sind so zu verbinden, dafs die gleichen, aber entgegengesetzt wirkenden wagerechten Kräfte aufgehoben werden, was man durch Versatzung (Abb. 30), durch Verzahnung (Abb. 31), oder durch die genannten Konstruktionen in Verbindung mit Schrauben (Abb. 30 u. 31 rechts), oder mit eisernen Bändern (Abb. 30 u. 31 links) bewirkt. Die gespreizten Träger erfordern je zwei durchgehende Balken und sind deshalb auf Brücken mit Spannweiten von nur 10 bis 12 m anwendbar.

§ 7. Die Hängewerkbrücken. Die Hängewerkbrücken ohne Verdachungen gelangen wegen der verhältnismäfsig geringen Standfähigkeit ihrer Träger fast nur noch bei sehr geringen Konstruktionshöhen und dann mit Höhen der Hängesäulen zur Ausführung, welche diejenigen ihrer Brüstungen von 1 bis 1,5 m nicht oder nicht viel übertreffen. Da nun der Winkel, welchen die Streben mit dem Hauptbalken einschliefsen, vorteilhaft nicht unter $22\,^1/_2{}^\circ$ angenommen werden darf, damit der Seitendruck der Streben nicht zu grofs wird und die Gefahr eines Ausschlitzens des Hauptbalkens herbeiführt, so sind Hängewerke mit einer Hängesäule oder einfache Hängewerke für Spannweiten von bezw. 5 bis 7 m anwendbar. Für Spannweiten von 6 bis 9 m wendet man bei derselben Höhe der Hängesäulen Hängewerke mit je zwei Hängesäulen oder zweifache Hängewerke (Taf. IV, Abb. 32 bis 34) an, indem man zwischen die beiden Hängesäulen Spannriegel einschaltet, und wo nötig, das so gebildete rechteckige Mittelfeld durch je zwei gekreuzte Diagonalen aussteift.

Hängewerkbrücken mit Verdachungen und demzufolge mit oberen Querverbindungen waren noch in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts in holzreichen Ländern (Schweiz, Tyrol u. s. w.) eine sehr beliebte Konstruktion und sind dort noch jetzt nicht selten in Benutzung. Sie wurden mit mannigfach zusammengesetzten Hängewerken versehen, nicht selten durch Sprengwerke noch verstärkt und in dieser Form für ansehnliche Spannweiten ausgeführt, wovon die im Jahre 1778 erbaute, später durch Brand zerstörte Brücke über die Limmat bei Wettingen mit 119 m Spannweite ein hervorragendes Beispiel gab. Obwohl diese Brücken noch heute beachtenswert und unter Umständen zur Ausführung zu empfehlen sind, so kann doch hier auf die Einzelheiten derselben nicht eingegangen werden. Ein Beispiel einer solchen Brücke von 36 m Spannweite gibt u. a. die Feigenbrücke bei Botzen (Abb. 32 u. 33), im übrigen sei auf die untenstehenden Literatur-Angaben verwiesen.[21])

[21]) Literatur, Hängewerkbrücken betr.: Brücke über die Uslava bei Stahlau. Mitteil. d. Arch.- u. Ing.-Ver. für Böhmen 1874, S. 30. — Rziha, Eisenbahn-Unter- und Oberbau. Wien 1877, II. Bd., S. 133. — Bavier, Die Strafsen der Schweiz. Zürich 1878. — Bukowsky, Berechnung einfacher und doppelter Spreng- und Hängewerke für Brücken. Mitteil. d. Arch.- u. Ing.-Ver. für Böhmen 1879, S. 42.

Abb. 32.



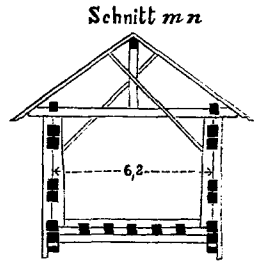


Abb. 33.

1. Die einfachen Hängewerke. Die einfachen Hängewerke erhalten Spannbalken mit hölzernen Streben und hölzernen Hängesäulen oder eisernen Hängestangen (Abb. 34 u. 35 und Taf. IV, Abb. 21, 22). Die Streben werden mit einfacher oder doppelter Versatzung ohne oder mit Zapfen nebst den zugehörigen Schrauben eingesetzt. Auch gufseiserne Schuhe, welche den Strebenfufs aufnehmen, mittels Krampen in die Spannbalken eingelassen und mit den letzteren verschraubt werden (Abb. 35 links), kommen zur Anwendung.

Abb. 34.

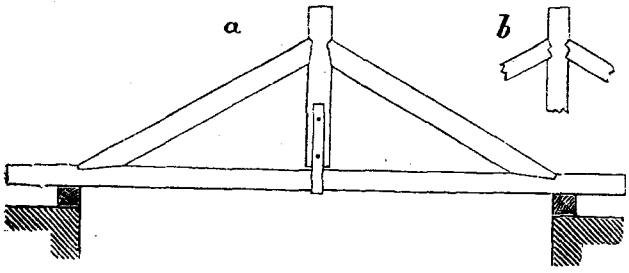


Abb. 35.

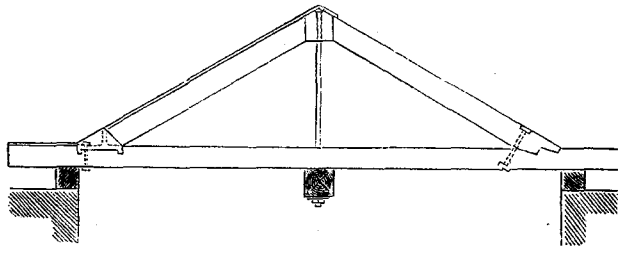


Abb. 36.

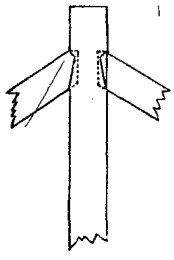


Abb. 37.

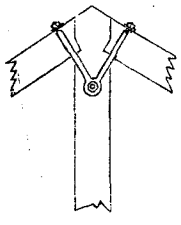


Abb. 38.

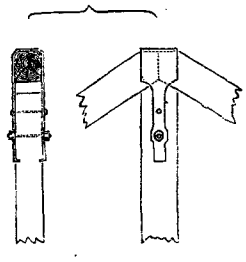


Abb. 39.

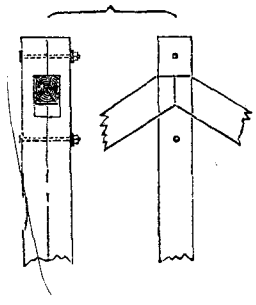
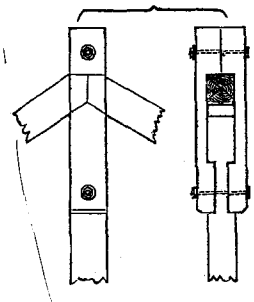


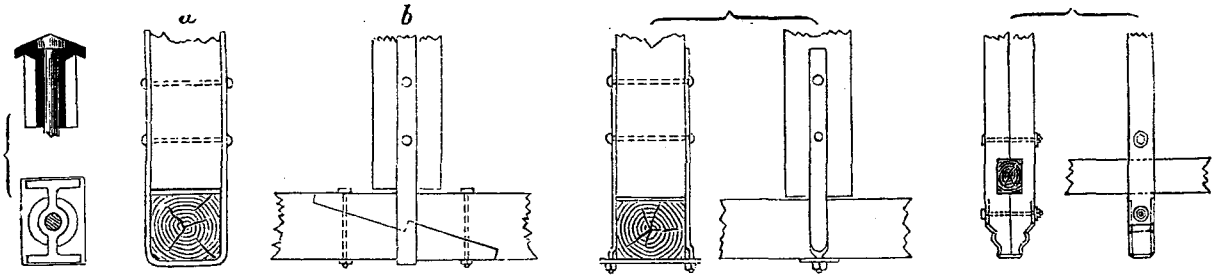
Abb. 40.



Die Verbindung der Streben mit der Hängesäule wird teils durch einfache (Abb. 34*a*), teils durch doppelte Versatzung (Abb. 34*b*), ohne oder mit Zapfen (Abb. 36) bewirkt, in welchen Fällen die Hängesäule oben so weit über die Verbindungsstelle hinaus verlängert werden mufs, dafs ein Ausschlitzen derselben durch die schiebenden Kräfte nicht eintritt. Wo eine solche Verlängerung nicht statthaft ist, werden die Hängesäulen mittels schmiedeiserner Winkelbänder (Abb. 37), oder Hängebänder (Abb. 38) mit den Streben verbunden. Bei Anwendung doppelter Hängesäulen, welche oben genügend verlängert und zusammengeschraubt sind, lassen sich die Streben stumpf stofsen (Abb. 39). Dieselbe Verbindung der Streben läfst sich auch anwenden, wenn zwei hölzerne, nach oben verlängerte, unter sich verschraubte Laschen angewendet und mit der Hängesäule durch Verschränkung verbunden werden (Abb. 40). Die Verbindung der Streben mit einer eisernen Hängestange erfolgt durch Vermittelung eines gufseisernen Kopfstücks (Abb. 41), welches aus einer lotrechten, in der Mitte verdickten und durchlochten Platte besteht, gegen welche sich die Streben stemmen und durch welche die Hängestange gesteckt wird,

während oben eine Vertiefung den Schraubenkopf der Hängestange aufnimmt und zwei Backenstücke ein seitliches Ausweichen der Streben verhindern.

Abb. 41. Abb. 42. Abb. 43. Abb. 44.



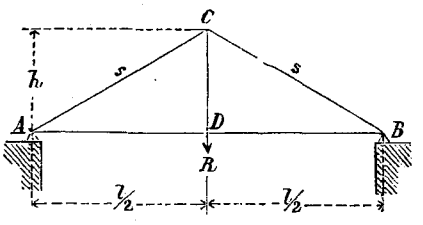
Die Verbindung der Hängesäule mit dem Balken wird entweder durch schmiedeiserne Bänder (Abb. 42), welche den Balken umschliefsen und an die Hängesäule angebolzt sind, oder durch Hängeeisen (Abb. 43) bewirkt, welche unten mit Schrauben versehen sind und eine Querplatte aufnehmen, auf welcher der Spannbalken ruht. Mufs der Spannbalken gestofsen werden, so kann dies durch ein schräges Hakenblatt (Abb. 42) geschehen. Werden die bereits erwähnten doppelten Hängesäulen angewandt, welche durch Schrauben verbunden werden (Abb. 44), so schneidet man erstere aus und läfst sie den Balken umfassen. An den Enden der Spannbalken werden lotrechte Geländerpfosten eingezapft, welche den oben mit ihnen und der Hängesäule verzapften Geländerholm aufnehmen und zwischen welche zur Sicherung des Verkehrs besondere Geländerriegel eingeschaltet werden (Abb. 21 u. 22, Taf. IV). Zur Vermehrung der seitlichen Steifigkeit werden die Hängesäulen, bisweilen auch die Geländerpfosten durch Streben gegen die Unterzüge oder gegen verlängerte Querbalken abgestützt.

Statische Berechnung. Wirken auf beiden Hälften der Brückenbahn die Lasten oder die Lastensummen P und Q bezw. in den Abständen p und q vom linken und rechten Auflager, so erhält man die auf die Brückenmitte reduzierte Last

$$R = \frac{2}{l}(P p + Q q) \quad \ldots \quad 57.$$

Sind n Tragrippen vorhanden, so ergibt sich mit Bezug auf die Bezeichnungen der Abb. 45 die Spannung einer Strebe

Abb. 45.



$$X = -\frac{s}{n l h}(P p + Q q), \quad \ldots \quad 58.$$

die Spannung eines Spannbalkens, ohne Berücksichtigung einer Inanspruchnahme durch Biegung

$$Z = \frac{1}{2 n h}(P p + Q q), \quad \ldots \quad 59.$$

einer Hängesäule

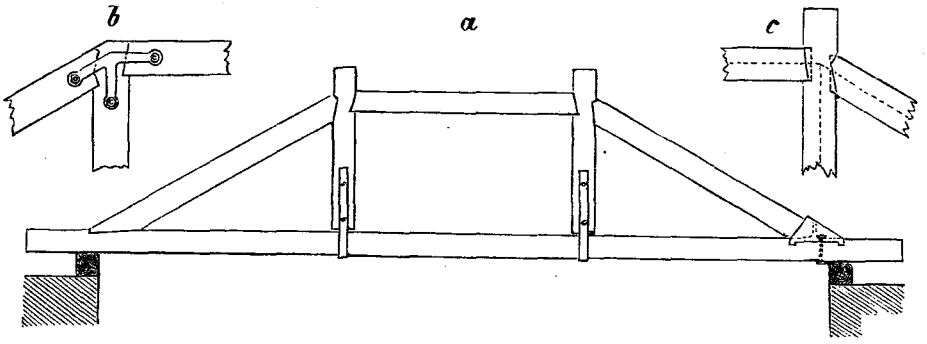
$$V = \frac{2}{n l}(P p + Q q), \quad \ldots \quad 60.$$

welche für $(P p)_{max}$ und $(Q q)_{max}$ ihren gröfsten Wert erreichen. Wird $p = q = \frac{l}{2}$, so fallen beide Lasten zu einer in der Brückenmitte wirkenden Einzellast zusammen und man erhält bezw. die Spannungen

$$X = -\frac{s}{2 n h}(P + Q); \; Z = \frac{l}{4 n h}(P + Q) \text{ und } V = \frac{1}{n}(P + Q) \quad \ldots \quad 61.$$

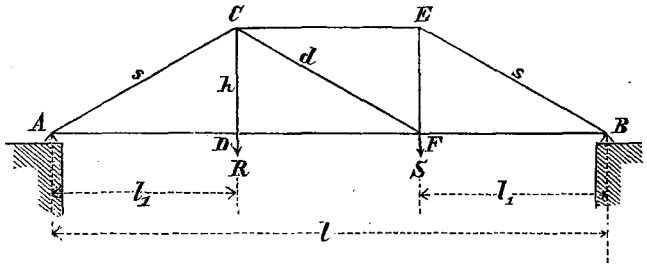
2. Die zweifachen oder doppelten Hängewerke. Bei einer Höhe der Hängesäulen von 1 bis 1,5 m, einem kleinsten zulässigen Neigungswinkel von $22\frac{1}{2}°$ der Streben

Abb. 46.



gegen die Wagerechte und einem Verhältnis von 3 : 4 eines Endfeldes zum Mittelfelde lassen sich mittels der zweifachen Sprengwerke Spannweiten von bezw. 8 und 12 m überbrücken. Diese Sprengwerke erhalten entweder zwei Hängesäulen mit schmiedeisernen Bändern (Abb. 46 *a*), oder schmiedeiserne Hängestangen, die den Spannbalken tragen und Anordnungen ähnlich den beim einfachen Hängewerk beschriebenen erfordern. Insbesondere sind die Verbindungen der Hängesäulen und der Streben mit dem Spannbalken den bezw. in Abb. 36 bis 40 und in Abb. 35 links und rechts dargestellten ähnlich. Dagegen erfordert die Verbindung der Hängesäule mit den Streben und dem Spannriegel eine etwas abweichende Anordnung. Entweder läfst man Streben und Spannriegel mittels Zapfen und Versatzung in die Hängesäule eingreifen, in welchem Falle die Hängesäule oben so weit zu verlängern ist, dafs ein Ausschlitzen nicht erfolgen kann (Abb. 46 *c*), oder man setzt, wo eine solche Verlängerung nicht statthaft ist, Strebe und Spannriegel mit Versatzung in dieselbe ein und verbindet sie durch je zwei dreiarmige Bänder, welche man mittels je dreier durchgehenden Schrauben befestigt (Abb. 46 *b*). Zwischen die Hängesäulen sollten, zur Versteifung des zwischen denselben gelegenen Rechtecks, noch zwei Diagonalen eingezapft werden, welche man an ihrem Kreuzungspunkte halb überblattet und verschraubt. Bei Anwendung von Hängestangen an Stelle der Hängesäulen werden, ähnlich wie bei dem einfachen Hängewerk, zwischen die Enden der Streben und des Spannriegels gufseiserne, mit den nötigen Hängestangenlöchern versehene Kopfstücke eingeschaltet, während die Hängeeisen entweder die Spannbalken umschliefsen oder die unter ihnen befindlichen Unterzüge durchsetzen. Die Konstruktion des Geländers und dessen Seitenversteifung, sowie die Anordnung der Brückenbahn ist die bei dem einfachen Hängewerke beschriebene.

Abb. 47.



Statische Berechnung. Wirken auf beiden Seiten der Brückenbahn die Lasten oder die Lastsummen P und Q in den äufseren Feldern bezw. in den Abständen p und q vom linken und rechten Auflager, im Mittelfelde die Last oder Lastsumme K im Abstande k von der Hängesäule $\overline{EF}$ (Abb. 47), so werden die unteren Enden der Hängesäulen belastet mit:

$$R = \frac{Pp}{l_1} + \frac{Kk}{l_2} \qquad S = \frac{Qq}{l_1} + \frac{K(l_2 - k)}{l_2}$$

Es ist $l_2 = l - 2l_1$ die Weite des Mittelfeldes.

Sind n Tragrippen vorhanden, so ergeben sich folgende Stabkräfte:

Strebe $\overline{AC}$: $$X_1 = -\frac{s}{n\,h\,l\,l_1}\,[Pp\,(l - l_1) + K(l_1 + k)\,l_1 + Q\,q\,l_1] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 62.$$

Spannbalken $\overline{AD}$: $$Z_1 = \frac{1}{l\,h\,n}\,[P\,p\,(l - l_1) + K(l_1 + k)\,l_1 + Q\,q\,l_1] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 63.$$

(ohne Berücksichtigung seiner Inanspruchnahme durch Biegung),

Hölzerne Brücken.

Abb. 1 u. 2. Fachwerkbrücke (System Ibjanski).

Abb. 1. Ansicht u. Längenschnitt 1:100.

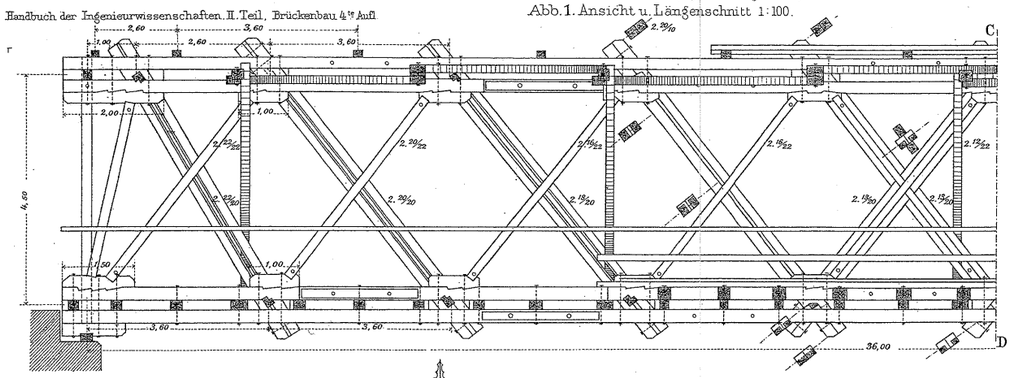


Abb. 2. Querschnitt C-D
1:100.

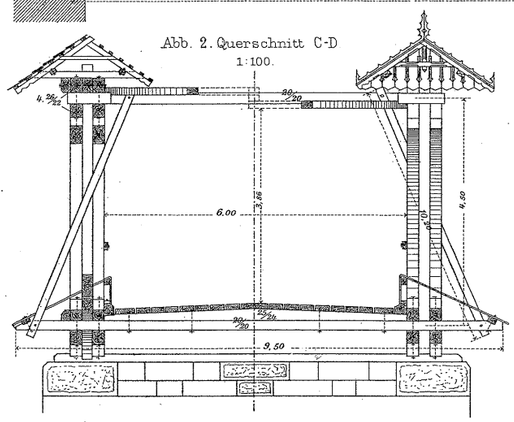


Abb. 4. Querschnitt 1:100.

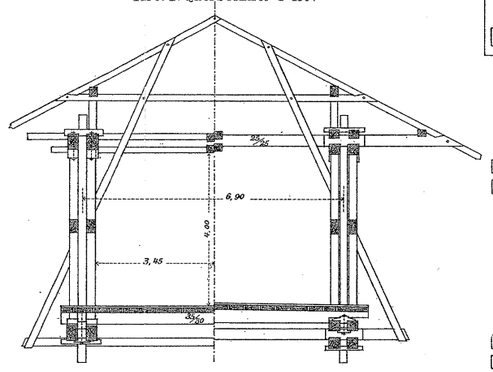


Abb. 6-8. Strafsenbrücke (System Rychter).

Abb. 6. Längenschnitt 1:100.

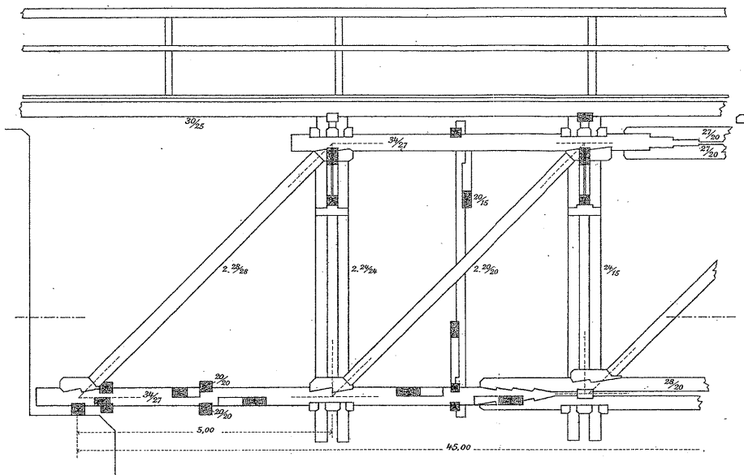


Abb. 7. Querschnitt
1:100

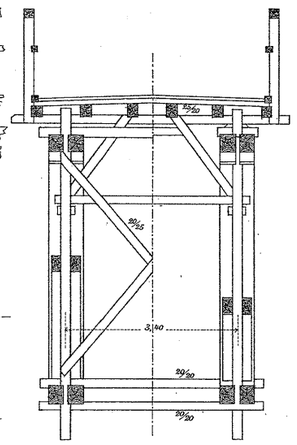


Abb. 8. Horizontalschnitt 1:100.

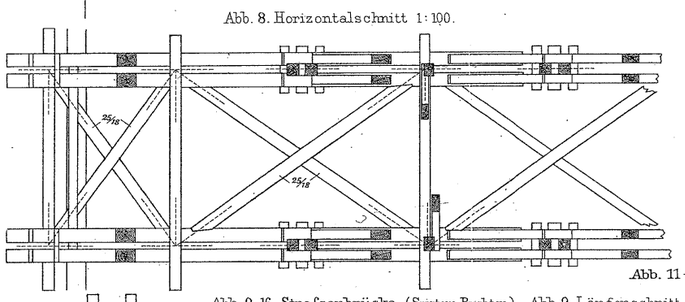


Abb. 14.

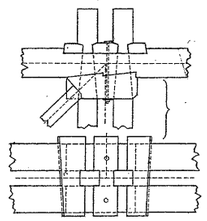


Abb. 15.

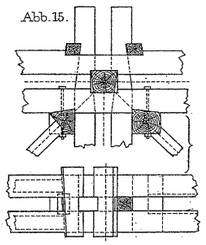


Abb. 12.

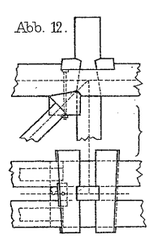


Abb. 13.

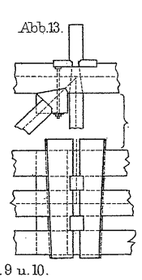


Abb. 16.

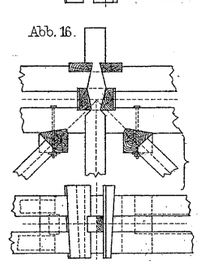


Abb. 11 - 16. Einzelteile zu Abb. 9 u. 10.

Abb. 3 bis 16. Fachwerkbrücken (System Rychter).

Abb. 3 - 5. Strafsenbrücke.
Ansicht u. Längenschnitt 1:100.

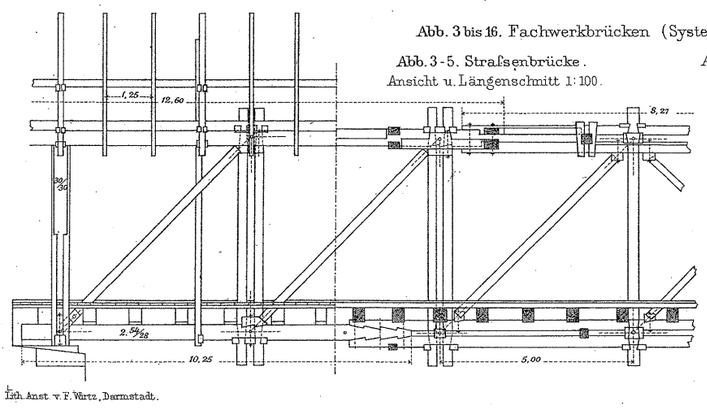


Abb. 5. Auflagerung d. Querträger.
1:50.

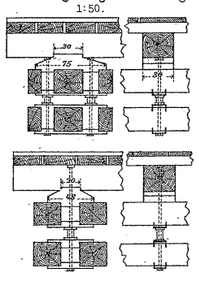


Abb. 11.

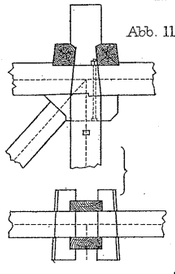


Abb. 9-16. Strafsenbrücke (System Rychter). Abb. 9. Längenschnitt 1:100.

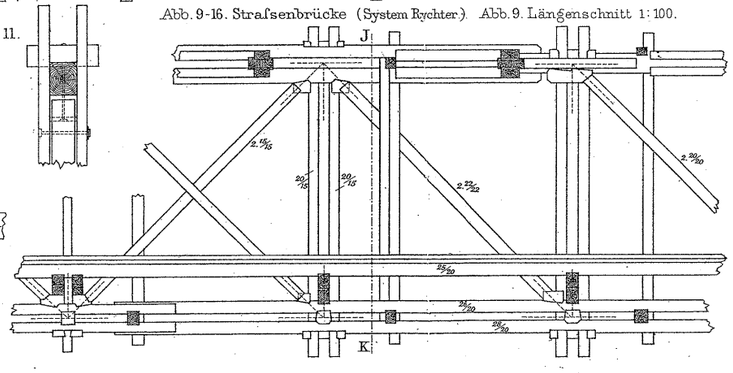
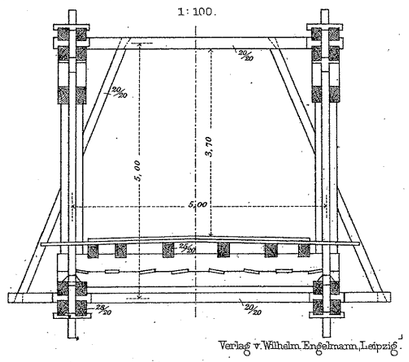


Abb. 10. Querschnitt J-K.
1:100.



Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Pfosten $\overline{CD}$: $$V_1 = \frac{1}{n}\left[\frac{Pp}{l_1} + \frac{Kk}{l_2}\right] \quad \ldots \quad 64.$$

Spannriegel $\overline{CE}$: $$X_2 = -\frac{1}{hln}\left[Pp\,l_1 + K(l - l_1 - k)\,l_1 + Q\,q\,(l - l_1)\right] \quad \ldots \quad 65.$$

Spannbalken $\overline{DF}$: $Z_2 = Z_1$.

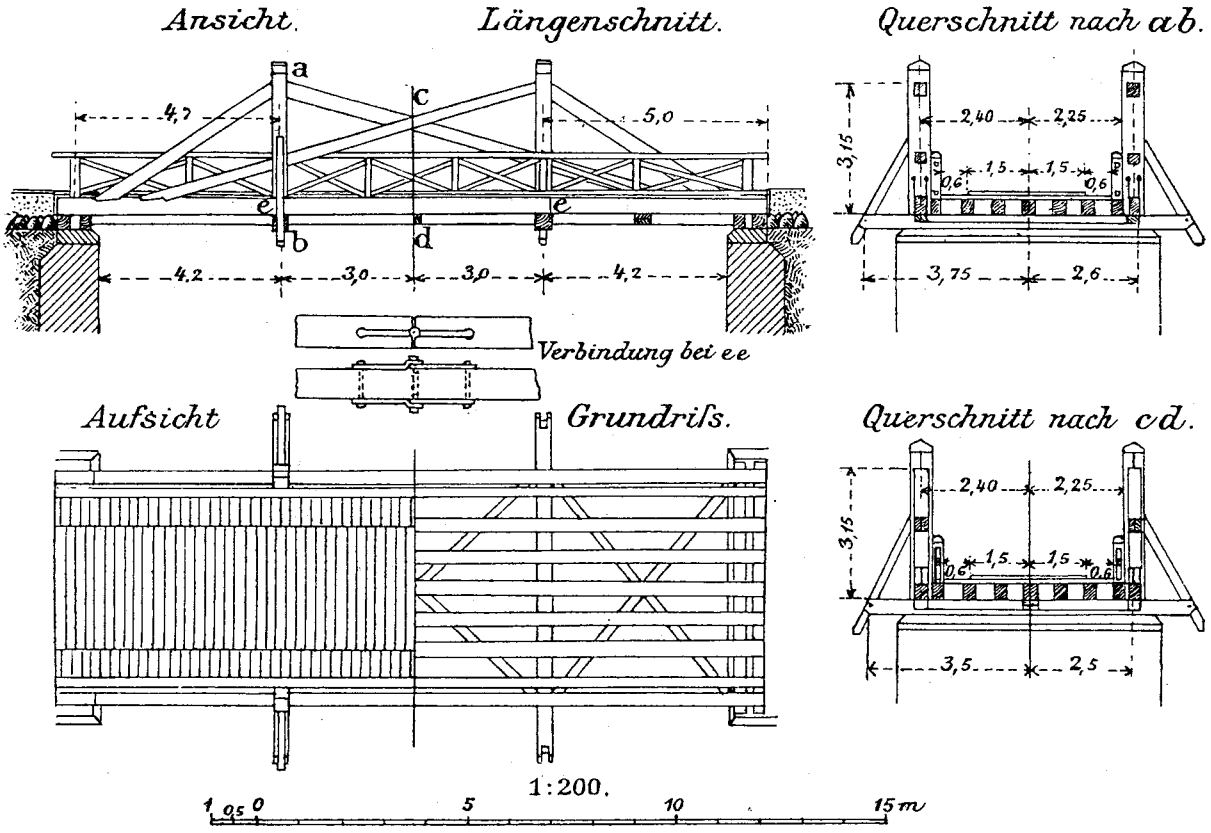
Diagonale $\overline{CF}$: $$Y = \frac{d}{hnl}\left[Q\,q - Pp - K(l - l_1 - k)\right] \quad \ldots \quad 66.$$

Pfosten $\overline{EF}$: $$V_2 = -\frac{1}{nl_1 l}\left[Pp\,l_1 + K(l - l_1 - k)\,l_1 + Q\,q\,(l - l_1)\right] \quad \ldots \quad 67.$$

Strebe $\overline{BE}$: $$X_3 = -\frac{s}{nhl_1 l}\left[Pp\,l_1 + K(l - l_1 - k)\,l_1 + Q\,q\,(l - l_1)\right] \quad \ldots \quad 68.$$

Die Streben, Spannriegel und Spannbalken werden bei voller Belastung gröfste Stabkräfte erleiden; ebenso Pfosten $\overline{EF}$, während Pfosten $\overline{CD}$ nur durch Belastung der beiden Felder beeinflufst wird, zwischen denen er liegt. Die Diagonale erhält Zug durch jede Belastung im rechten Endfelde, Druck durch jede Belastung im linken Endfelde. Belastung des Mittelfeldes erzeugt Zug oder Druck, je nachdem die Last rechts oder links von der sogenannten Belastungsscheide liegt.

Abb. 48.



Die nach dem System des Verfassers hergestellten steifen doppelten Hängewerkbrücken (Abb. 48)[22]) bestehen aus Tragwänden mit je zwei ungleich langen einteiligen Streben, deren längere sich über der Mitte je einer Brückenöffnung kreuzen, wo sie halb überblattet sind und dann, wie die kürzeren Streben, mittels Zapfen und Versatzung in den Kopf doppelter Hängesäulen eingreifen, welche mittels gewöhnlicher Hängeeisen die Unterzüge tragen. Um die Hängesäulen in der lotrechten Stellung zu erhalten, sind sie mit den über beide Brückenstirnen hinaus verlängerten Unterzügen verstrebt, welche letztere zur Unterstützung der beiden Stirnbalken und der Brücken-

[22]) Vergl. Denkschrift der Königl. Technischen Hochschule zu Aachen, verfafst aus Anlafs der Industrie- und Gewerbe-Ausstellung in Düsseldorf. 1902, S. 31 ff.

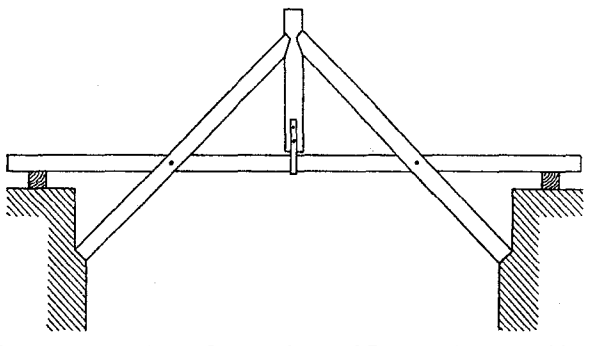
bahn dienen. Diese Stirnbalken sind über den Unterzügen zu stofsen und durch lotrechte Schlitzzapfen mit wagerechten Bolzen derart zu verbinden, dafs sie hier eine kleine Drehung in der lotrechten Ebene ausführen und gleichzeitig den in ihnen wirkenden Zug übertragen können. Die je drei Stücke eines Stirnbalkens wirken daher als Balken auf zwei Stützen und gewähren den Vorteil, die Stirnbalken aus kürzeren Balkenstücken zusammensetzen zu können. Zur Übertragung der in einem Stirnbalken der Hängewerkbrücken entwickelten Zugspannung dient die in Abb. 48 dargestellte, in dessen neutraler Achse angebrachte Schienenverbindung, wobei jene Zugspannung H durch je zwei eiserne Schienen mit den Querschnitten F bei der gröfsten zulässigen Anspruchnahme s, bezw. durch den Abscherungswiderstand des zweischnittigen Drehbolzens mit dem Durchmesser d, bei der Abscherungsfestigkeit σ aufgenommen wird. Die Abmessung beider Schienen, bezw. des Drehbolzens ergibt sich aus Gleichung

$$H = 2\,Fs = 2\,\frac{\pi d^2}{4}\,.\,\sigma$$

wobei H den im § 12 entwickelten Wert besitzt. Der zwischen je zwei benachbarten Stirnbalkenstücken der Drehung wegen zu belassende Zwischenraum mufs selbstredend geringer sein, als der aus vorstehender Gleichung entwickelte Durchmesser d des in der neutralen Achse des Stirnbalkens befindlichen Bolzens. Die Brückenbahn besteht aus einer genügenden Zahl von Längsbalken, welche auf den erwähnten Unterzügen und auf den Mauerbalken ruhen und einen Belag von Querbohlen aufnehmen, der über den Fufsbahnen einfach, über der Fahrbahn doppelt ist. In die beiden äufseren Längsbalken werden die Pfosten des Geländers eingezapft und oben durch einen Holm, darunter durch gekreuzte Diagonalen verbunden. Die Querversteifung der Brückenbahn ist durch gekreuzte Windruten bewirkt, welche seitlich in die Unterzüge und Mauerbalken eingezapft und von unten an die Längsbalken angeschraubt sind. Die Stirnbalken, in welche die beiden Streben mit Zapfen und Versatzung eingelassen sind, müssen an den Enden soviel verlängert werden, dafs ein Ausschlitzen derselben nicht eintreten kann. Da nur die längeren Streben die doppelten Hängesäulen durchsetzen, müssen die letzteren soviel ausgeschnitten sein, dafs sich der Druck in den Streben fortpflanzen kann, ohne dafs sie von den Hängesäulen auf Biegung beansprucht werden. Um die Köpfe der doppelten Hängesäulen vor Fäulnis zu schützen, sind dieselben mit geeigneten Zinkkappen zu bedecken, welche das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern.

§ 8. Die Hängesprengwerkbrücken. Erfordern Brückenbalken Unterstützungen in drei oder vier Zwischenpunkten, so läfst sich hierzu eine Vereinigung von Sprengwerk und Hängewerk, und zwar bezw. das einfache (Abb. 49) und das doppelte Hängesprengwerk (Abb. 50) anwenden. Die Verbindungen der Hängesäulen mit den Balken, der Hängesäulen mit den Streben und Spannriegeln, sowie der Streben mit ihren Stützpunkten sind den ihnen entsprechenden Verbindungen der Sprengwerke und der Hängewerke ähnlich, dagegen erfordern die Streben und Balken an den Stellen, wo sie sich kreuzen, eine besondere Verbindung. Wo die Stärken der Balken und Streben dies gestatten, werden beide so überblattet, dafs von den Streben als den Hauptträgern

Abb 49.



höchstens $^1/_3$ ihrer Dicke ausgeschnitten wird (Abb. 50 links). Dürfen die Streben überhaupt nicht geschwächt werden, so wendet man zwei Balken von geringerer Breite an, welche in die Streben an ihren Kreuzungsstellen etwas eingelassen werden, während man die Hängesäulen zwischen den doppelten Balken nach unten verlängert und dort die Balken ebenfalls etwas einläfst (Abb. 50 rechts). Sowohl die einfachen, wie die doppelten Balken werden an jenen Kreuzungsstellen überdies durch Schraubenbolzen mit den Streben verbunden; ebenso werden die verlängerten Hängesäulen mit den doppelten Balken an ihren Kreuzungsstellen verschraubt.

Abb. 50.

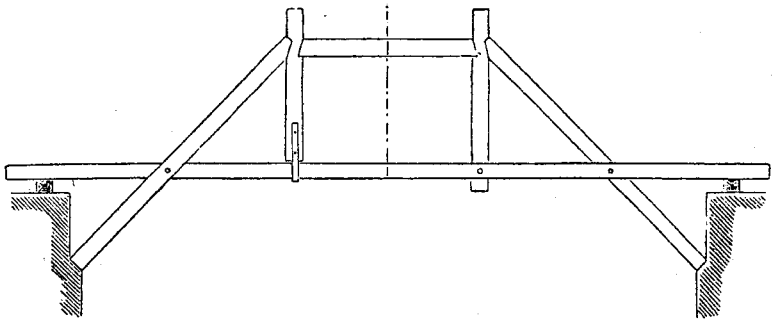
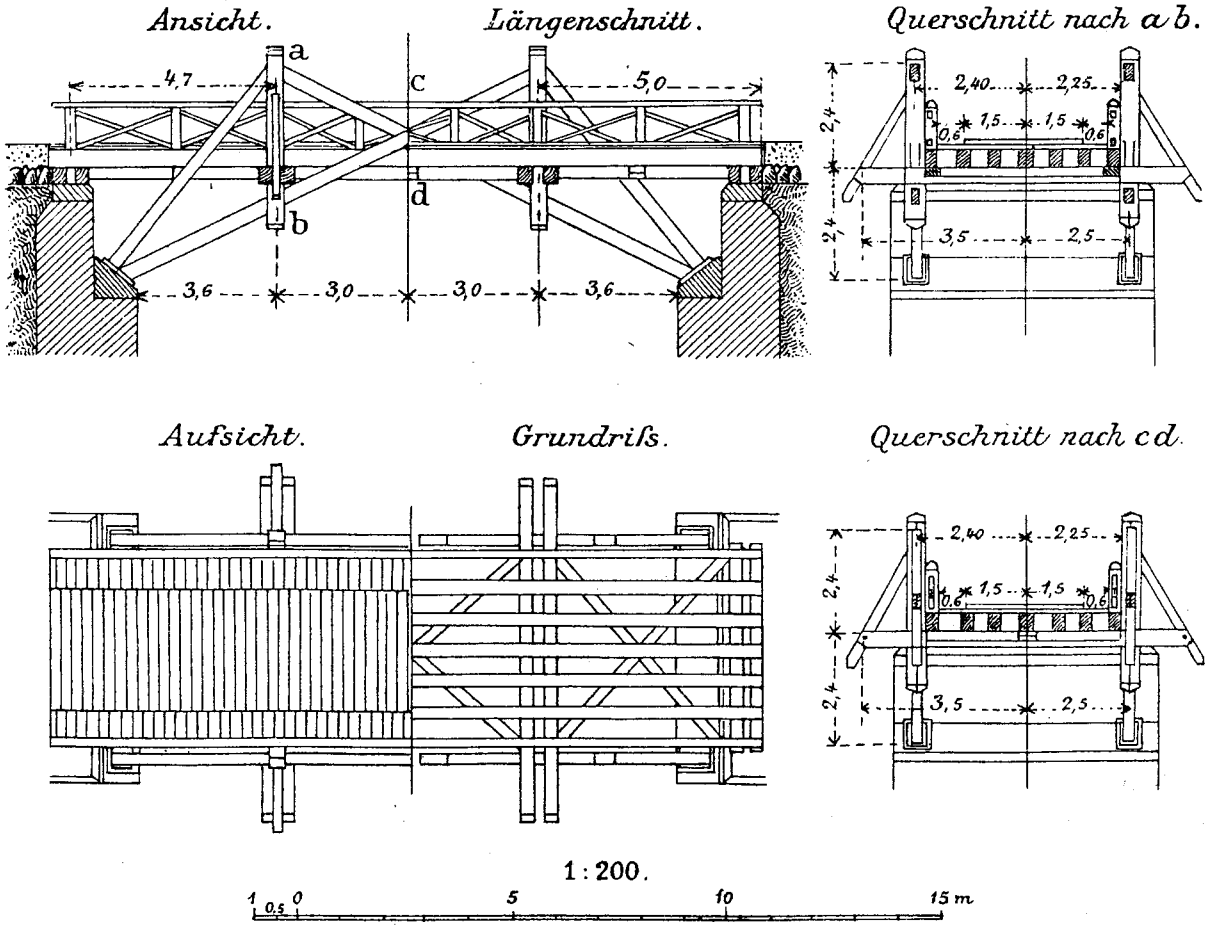


Abb. 51.



Die nach dem System des Verfassers hergestellten steifen doppelten Hängesprengwerkbrücken (Abb. 51) können bei mittlerer Konstruktionshöhe Anwendung finden und stellen eine Verschmelzung des doppelten steifen Hängewerks und Sprengwerks dar. Die Hängesäulen und Streben werden wie beim Hängewerk beansprucht und wie dort bezw. doppelt und einfach angewendet, während die Widerlager wie beim Sprengwerk in Anspruch genommen und deshalb ähnlich wie bei diesem konstruiert

werden. Dagegen erfolgt die Unterstützung durch je zwei doppelte Unterzüge, um mittels der doppelten Hängesäulen, an welche die Unterzüge mittels gewöhnlicher Hängeeisen gehängt sind, auch die längeren Streben unterhalb der Brückenbahn umschliefsen zu können. Die zur Querversteifung dienenden Streben der Hängesäulen können alsdann zwischen die verlängerten Doppelunterzüge eingeschaltet und dort verbolzt werden. Die äufsersten Längsbalken der Brückenbahn können nicht, wie bei den steifen doppelten Hängewerken, durch die doppelten Hängesäulen hindurchgehen, um nicht unten mit den längeren Streben zusammenzutreffen, alle Längsbalken der Brückenbahn liegen vielmehr zwischen den beiden Tragwänden, während die äufsersten derselben, wie bei den Hängewerkbrücken, die Geländer aufnehmen. Die Anordnung sowohl des Bohlenbelages der Brückenbahn als auch der Windverstrebung ist derjenigen bei den Hängewerkbrücken ähnlich, auch sind die Köpfe der doppelten Hängesäulen, wie dort, durch Zinkkappen gegen Fäulnis zu schützen.

§ 9. Die Fachwerkbrücken.[23])

1. Die Fachwerkbrücken im allgemeinen. Obwohl der durch die Kette verstärkte Balken schon zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts in England bekannt war, und selbst tüchtige theoretische Betrachtung fand, und obgleich die Anwendung sich kreuzender geneigter Stäbe an Stelle einer vollen Wand schon in einem Patente G. Smarts 1822 zu finden ist, so müssen wir die Vorbilder unserer neueren Fachwerkbrücken doch in jenen amerikanischen Balkenbrücken suchen, welche 1829 durch Long eingeführt wurden.

Beim ersten Systeme Long'scher Fachwerkbrücken ist eine Schar hölzerner Pfosten zwischen die Gurten eingeschaltet, in welchen durch Anziehen von Keilen künstlich ein Zug erzeugt wird, wodurch in jeder der stumpf an die Gurte anstofsenden Diagonalen ein Druck entsteht. Ist die gröfste Inanspruchnahme auf Druck, welche ohne Rücksicht auf den Pfosten bei der ungünstigsten Stellung der Last z. B. die rechts steigende Diagonale erfährt $= -R \sec \alpha$, so ist jene der links steigenden Nachbardiagonale nahezu ein Zug $+ R \sec \alpha$. Zieht man nun den Pfosten so stark an, dafs die dadurch entstehende Druckspannung in der rechts steigenden Diagonale $= -R \sec \alpha$ wird, so erhält man für den belasteten Träger als Spannung in derselben Diagonalen $S_h = -2R \sec \alpha$ und der links steigenden Diagonalen $S_n = +R \sec \alpha - R \sec \alpha = 0$. Jene rechts steigenden Diagonalen haben also bei belastetem Träger einen doppelt so grofsen Druck auszuhalten, als wenn die Pfosten nicht vorhanden wären. Jene links

---

[23]) Literatur, hölzerne Fachwerkbrücken betr.: Unruh und Benda, Elbebrücke bei Wittenberge. Eisenbahn-Ztg. 1850 u. Zeitschr. f. Bauw. 1854, S. 7. — Langer, Hölzerne Traggeländerbrücken für Eisenbahnen. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Bd. X, S. 135. — Brücken der österr.-ungar. Eisenbahn in Siebenbürgen. Engng. 1871, Febr. S. 106. — Billige hölzerne Fufswegbrücke von 20 m Spannweite. Nouv. ann. de la constr. 1871, S. 101. — Thurbrücke bei Rohr. Romberg's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1872, S. 200. — Hölzerne Fachwerkbrücke der Taff-Vale-Eisenbahn. Engng. 1872, Nov. S. 317. — Covered timber bridge over the Kennebec river at Augusta, Maine. Engng. 1877, S. 8. — Doll, The Howe truss bridge question. Nostrands Mag. 1879, S. 475. — Schmalspurbahn-Brücke über den Goplo-See (zum Teil Fachwerk, zum Teil verstärkte Balken). Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 95.

Fachwerkbrücken in Holz und Eisen: Brücke über den Arkansas bei Little Rock. Engng. 1873, Jan. S. 18. — Brücke bei Mannawate Porge in Neuseeland. Engng. 1875, März. — Lotter, Rekonstruktion der inneren Donaubrücke bei Straubing (nachträgliche Verstärkung einer Fachwerkbrücke durch Eisenwerk). Zeitschr. f. Baukunde 1880, S. 359.

Es ist zu bemerken, dafs bei diesem Paragraphen aus dem von Prof. Steiner bearbeiteten X. Kapitel der ersten Auflage dieses Werkes der § 45 (Vorläufer der modernen Fachwerkbrücken. Ältere und neuere Systeme in Holz und Eisen) in geeigneter Weise benutzt ist.

steigenden Diagonalen aber werden bei künstlicher Anspannung ebenfalls zu Streben und haben bei unbelastetem Träger einen Druck aufzunehmen, welcher jenem Zuge gleich wäre, der in ihnen bei belasteter Brücke entstünde, falls Pfosten nicht vorhanden wären. Man nennt die stärker beanspruchten Streben die Haupt-, die anderen die Gegenstreben. So einfach sich nun auch — stets Holz als Baustoff vorausgesetzt — bei diesem Systeme die Verbindung der gedrückten Diagonalen mit den Gurten herstellen läfst, da ein stumpfer Stofs genügt, so ungünstig erweist sich dieser Baustoff für die Herstellung und die Wirksamkeit der gezogenen Pfosten, auch mufste die Anspannung durch Keile bald als eine schwache Seite dieser Bauweise erkannt werden. Howe benutzte daher statt der gezogenen hölzernen Pfosten Zugstangen aus Rundeisen, welche durch das Anziehen von Schraubenmuttern jene künstliche Spannung erhalten. Mit dieser Abänderung kam und kommt dieses System noch heute zur Anwendung.

Abb. 52.

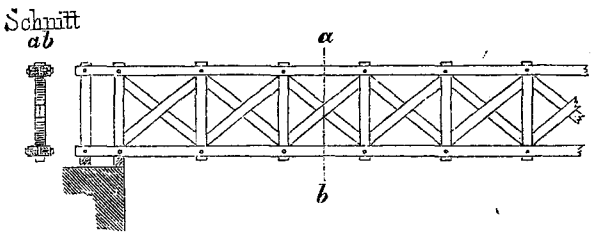
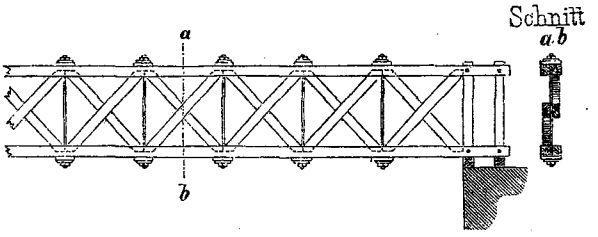
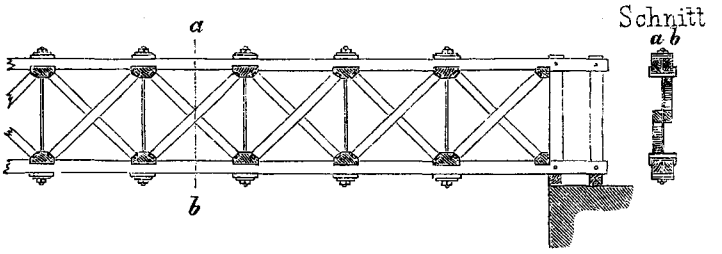


Abb. 53.



Die weniger belasteten Brückenbahnen, z. B. von Fufsgängerbrücken, können bei geringeren Spannweiten schon durch Fachwerkträger unterstützt werden, deren Gurtungen aus je zwei durchgehenden Balken bestehen, zwischen welche entweder nur einfache Pfosten mit eingezapften, an den Kreuzungsstellen halb überblatteten Diagonalen (Abb. 52), oder — bei gröfserer Belastung — je zwei nebeneinander angeordnete Diagonalen mit schmiedeisernen Pfosten (Abb. 53 u. 54) eingeschaltet werden. Hierbei werden die Diagonalen entweder in die Gurten eingezapft (Abb. 53), oder besser stumpf zwischen besondere Stemmklötze eingesetzt (Abb. 54) und in beiden Fällen mittels der mit Vorlagplatten und Muttern versehenen Hängestangen fest zusammengepreſst.

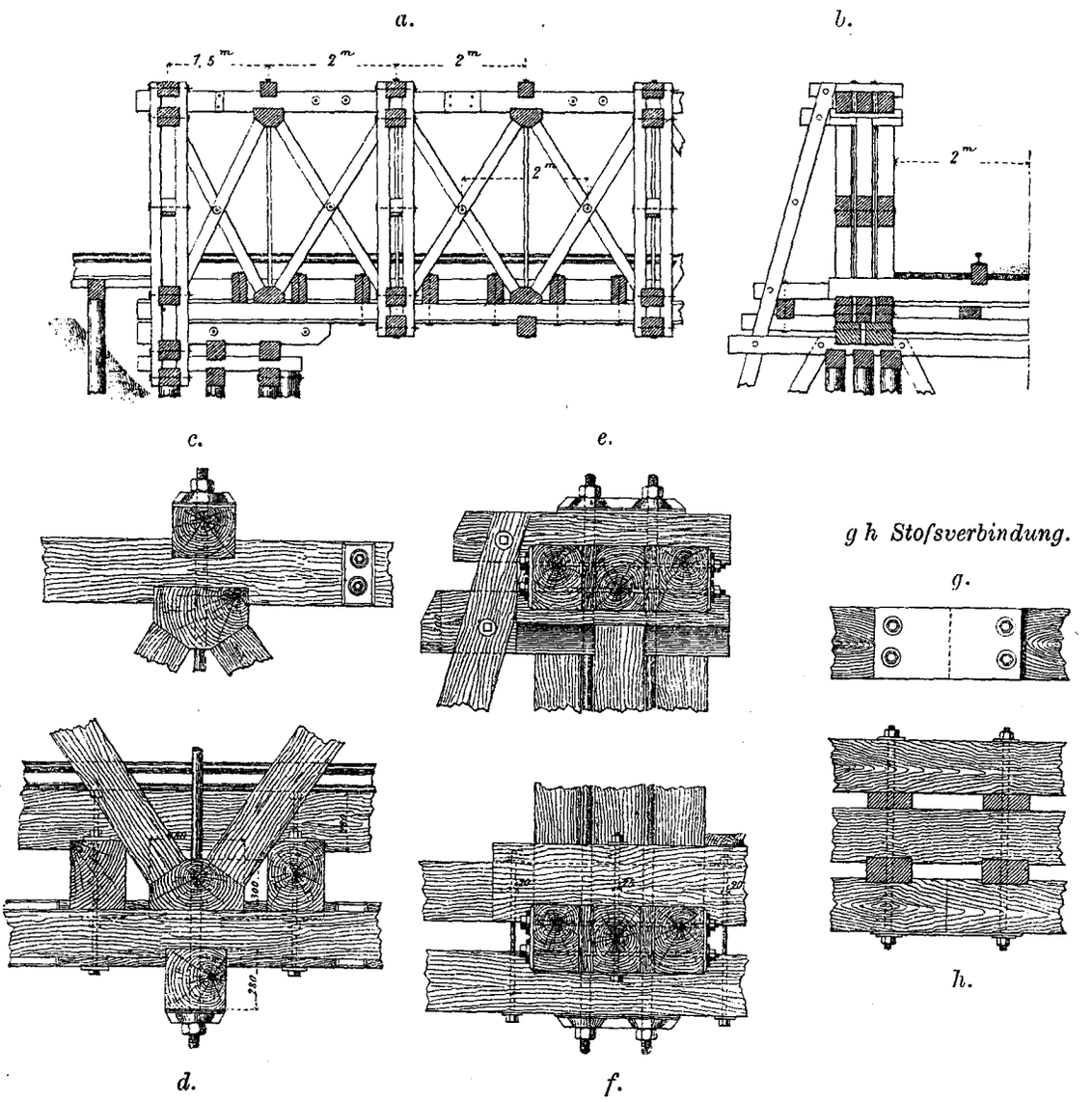
Abb. 54.



Die gröfseren hölzernen Fachwerkbrücken für Eisenbahnen oder Strafsen sind fast ausschliefslich nach dem erwähnten Howe'schen System konstruiert, bei welchem die Stäbe nach dem einfachen oder mehrfachen System des rechtwinkeligen Dreiecks angeordnet sind. Bei dieser Anordnung ist die gröfste Spannung der Pfosten und Hauptstreben im belasteten Zustande ebenso grofs, als wenn die Gegenstreben nicht vorhanden wären, da nach dem Früheren die Spannung der Gegenstreben bei diesem Belastungszustande Null ist. Die Spannung der Gegenstreben im unbelasteten Zustande ist, wie erwähnt, halb so grofs, wie die Spannung der Hauptstreben im belasteten Zustande, während die Spannung der Gurte fast ebenso grofs ist, als wenn die Gegenstreben nicht vorhanden wären. Es genügt mithin für die Berechnung der Howe'schen Brücken in Holz, das System zunächst als Fachwerk mit gezogenen Pfosten so zu berechnen, als ob die Gegenstreben gar nicht vorhanden wären. Schliefslich wird in jedem Felde die Gegenstrebe mit halb so grofsem Querschnitte als die Hauptstrebe an-

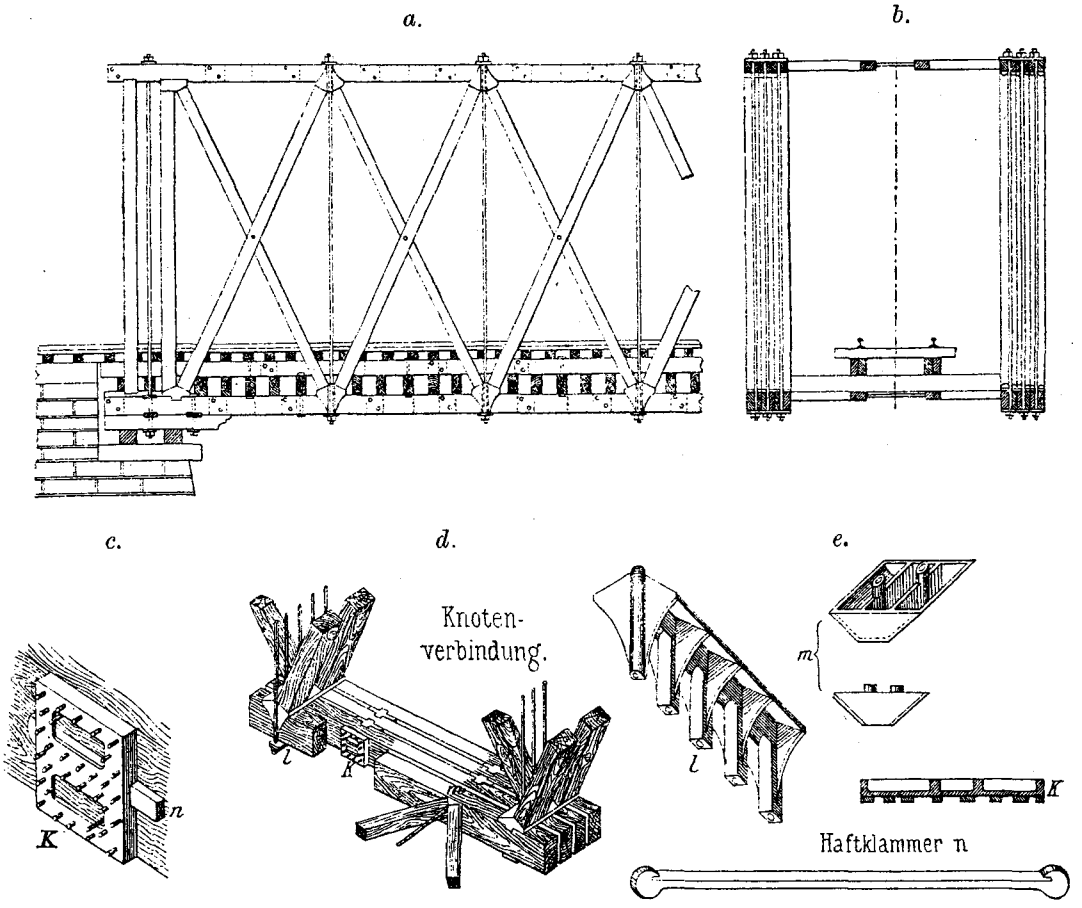
genommen. An jenen Stellen, wo jeder Füllungsstab des Fachwerkes (die Pfosten hinweg gedacht) sowohl Zug als Druck aufnehmen müfste, je nachdem die zufällige Last nach der einen oder anderen Seite sich erstreckt, beim einfachen Träger mit parallelen Gurten also gegen die Mitte zu, gehen die Hauptstreben in die Gegenstreben über. Jede Strebe erfüllt hier je nach der Belastungsweise einmal die Aufgabe der Haupt-, das andere Mal jene der Gegenstrebe; zudem ergibt sich die nötige Querschnittsfläche in der Regel so klein, dafs man in diesen Teilen mit einfachen Hauptstreben auskommt. Die auf Druck beanspruchten Stäbe (Streben) erhalten eine Neigung von genau oder annähernd 45° und werden aus Holz konstruiert, während die lotrechten, auf Zug beanspruchten Stäbe (Hängestangen) aus Rundeisen bestehen. Die Höhe dieser Träger wird meist zu $^1/_9$ bis $^1/_8$ der Spannweite angenommen, beträgt also für die geläufigen Spannweiten von 20, 30, 40 und 50 m bezw. etwa 2,5, 3,5, 5 und 6 m. Die niedrigeren Fachwerke erhalten ein einfaches, die höheren ein zweifaches Stabsystem. Die Streben, bei denen der Stellungswinkel 45° oder etwas mehr beträgt und beim zweifachen System an den Trägerenden gröfser wird, erhalten Gegenstreben, die bei einer entsprechenden Überhöhung der Träger mit etwas Druck eingesetzt werden.

Abb. 55.



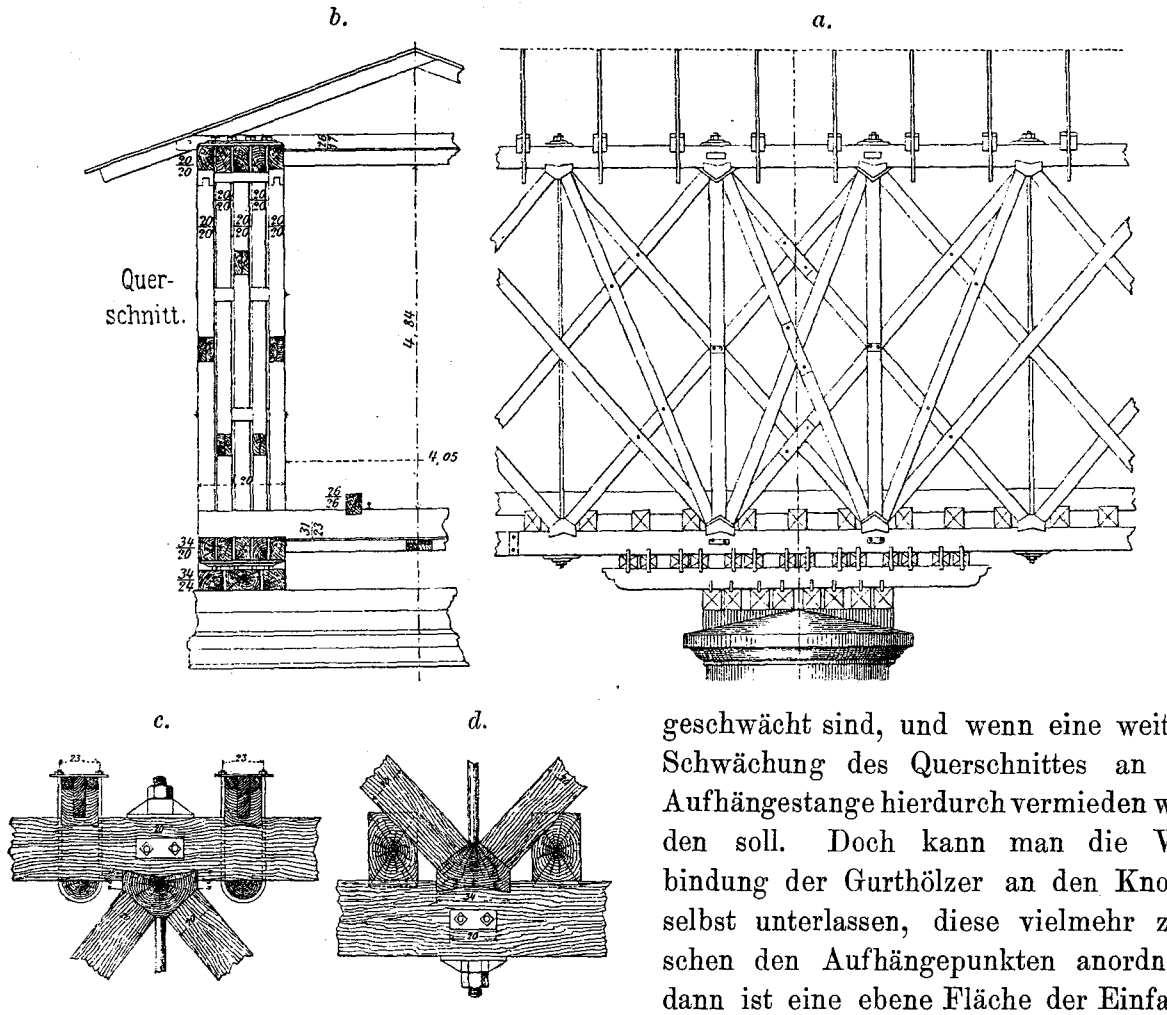
Die Verkehrsbahn ruht entweder auf den oberen Gurten, wenn genügende Konstruktionshöhe vorhanden, oder auf den unteren Gurten, wenn dieselbe beschränkt ist (Taf. I, Abb. 15, 16, 19, 35, 37, 39 und Abb. 55 u. 56 im Text). In beiden Fällen wird unmittelbar unter der Verkehrsbahn ein wagerecht liegender Verband, dessen Querstäbe aus Eisen und dessen Diagonalen aus Holz bestehen, eingeschaltet, welcher sich bei den Fachwerkbrücken mit unten liegender Fahrbahn und genügender Höhe der Tragwände auch über den letzteren wiederholt. Nicht selten wird mit demselben eine Bedachung (Abb. 57, S. 40), verbunden. Bei Fachwerkbrücken mit oben liegender Verkehrsbahn werden die Haupttragwände durch eine genügende Zahl lotrechter Kreuze abgesteift und diese letzteren mit Querzangen verschraubt.

Abb. 56.



Die Hauptträger besitzen dreiteilige, aus je drei rechteckigen Streckbäumen zusammengesetzte Gurten, zwei Lagen Haupt- nebst einer Lage Gegenstreben, welche beide sich oben und unten stumpf gegen kurze querliegende, in die Gurten etwas eingelassene Klötze stemmen, und doppelte, aus Rundeisen bestehende Hängestangen, welche sich zwischen jenen Gurtbalken befinden, diese Klötze durchsetzen und oberhalb der Obergurten, sowie unterhalb der Untergurten mittels gemeinschaftlicher gufseiserner Platten, Vorlagscheiben und Muttern mit den beiden Gurten fest verbunden sind (Abb. 55, S. 38 und Abb. 56 *d*). Allerdings würde an einem Ende der Zugstangen ein Kopf genügen, doch ist die Bildung eines solchen bei Stangen von gröfserer Länge mit mehr Schwierigkeiten verknüpft, als das Anschneiden von Gewinden. Die in den Gurt eingelassene Fläche der Stemmklötze nicht eben zu gestalten (Abb. 57 *c*, *d*), hat nur dann einen Wert, wenn die Gurthölzer am Knotenpunkte noch besonders durch Bolzenlöcher

Abb. 57.



geschwächt sind, und wenn eine weitere Schwächung des Querschnittes an der Aufhängestange hierdurch vermieden werden soll. Doch kann man die Verbindung der Gurthölzer an den Knoten selbst unterlassen, diese vielmehr zwischen den Aufhängepunkten anordnen; dann ist eine ebene Fläche der Einfachheit wegen vorzuziehen (Abb. 55 *d*, *f*, S. 38). Um ein Verschieben der Streben an den Auflagerflächen zu verhüten, läfst man sie mit einem schwachen kurzen Zapfen in die Klötze ein oder verbindet sie mit denselben durch eiserne Dorne.

Die eichenen Stemmklötze sind bei älteren und neueren Brücken durch gufseiserne Schuhe, welche mit den beiden zur Aufnahme der doppelten Hängestangen dienenden Öffnungen versehen sind, ersetzt worden (Abb. 56). Die Streben stemmen sich hierbei auf die geneigten Flächen der Schuhe, während die Gurte zwischen deren Rippen hindurchgehen, die Zugstangen werden durch prismatische Angüsse geführt, welche, mit den Anstofsflächen fest verbunden, eine gleichmäfsige Druckverteilung ermöglichen; letztere wird aufserdem noch durch eine bei *l* in Abb. 56 *d*, *e* (S. 39) ersichtliche, die Muttern verbindende Lasche befördert. Da hölzerne Stemmklötze jedoch bei Fachwerkbrücken von 20- bis 25jähriger Dauer sich bewährt haben, gufseiserne Schuhe die Träger unnötig beschweren und verteuern, so liegt zu deren Anwendung ein genügender Grund nicht vor. Bei Brücken mit unten liegender Fahrbahn hat man auch wohl die Enden der Querschwellen selbst, nachdem sie entsprechend abgeschrägt waren, anstatt der Stemmklötze als Stützen der Streben benutzt. Die Querverbindungen der beiden Gurten stellt man durch Zangenbalken her, welche den wagerechten und lotrechten Kreuzbügen zum Anschlufs dienen. Auch bei diesen Zangenbalken erscheint ein Ersatz durch eiserne Querstangen, welche die Streckbäume durchsetzen, nicht gerechtfertigt, da erstere die letzteren schwächen und weil die Konstruktion, wegen des

nicht unerheblichen Mehraufwandes an Gufs- und Schmiedeisen, schwerer und kostspieliger wird.

Bei zwei Strebenlagen, wie solche Abb. 56 (S. 39) in der Ansicht zeigt, ist eine Schwierigkeit in der Durchführung nirgends vorhanden. Bei vierfachem Gitterwerke (Abb. 57) entsteht jedoch eine Abänderung in der Anordnung dadurch, dafs in der Mitte die Hauptstreben sich kreuzen. Man überschneidet dann in den bezüglichen Punkten die Streben und deckt die Überschneidungen durch eine gufseiserne Platte oder ordnet an der Übergangsstelle einen Pfosten an, läfst in der Mitte desselben zwei Klötze von der Form der in die Gurte eingesattelten Strebenklötze ein und stemmt gegen letztere die doppelten und einfachen Streben.

Über den Auflagern werden aufser den Zugstangen noch lotrechte Pfosten angeordnet. Erstere sind notwendig, um in den Endstreben den nötigen Druck zu erzeugen, letztere um einen besseren Abschlufs zu erzielen. Doch dürfen sie nicht früher eingesetzt und mit den Gurten verbunden werden, als bis die Schrauben selbst fest angezogen sind. Die Gurtenden müssen so weit verlängert werden, dafs ein Abscheren des Holzes bei Übertragung des Schubes der letzten Klötze nicht erfolgen kann. Häufig befinden sich die Auflager zwischen den beiden letzten Knoten (Abb. 55 *a*, S. 38). Diese Anordnung ist unzweckmäfsig, da bei einer Durchbiegung der Druck sich an einer Stelle überträgt, an welcher der Träger gar nicht zur Aufnahme desselben geeignet ist. Um den Druck besser zu verteilen, hat man wohl Sattelhölzer untergelegt; es ist jedoch besser, die Auflagerstelle am Ende klar festzulegen (Abb. 56). Auch bei mehr als zweiteiliger, also z. B. bei vierteiliger Anordnung der Streben ist diese Anordnung zweckmäfsig, zudem ist dahin zu trachten, in die Endständer keine Biegungsspannungen zu bringen. Letzteres würde geschehen, wollte man bei gleichbleibender Neigung die letzten Streben gegen die Mitte des Ständers stemmen. Zwar hat man in solchen Fällen das ganze Endfeld als Ständer konstruiert, aber gerade durch diese breite Auflagerung grofse Unbestimmtheit in die Beanspruchung der einzelnen Teile gebracht.

Um eine gegenseitige Längsverschiebung der Gurtbalken zu verhüten, legt man zwischen dieselben Holz- und Eisendübel ein, falls einer solchen Verschiebung nicht schon durch die Konstruktion am Knoten wirksam begegnet ist. Die in Abb. 56 *c*, *d*, *e* (S. 39) dargestellten Platten *K* erfüllen denselben Zweck; auch zwischen die Balken gelegte gufseiserne Scheiben von ⊢-förmigem Querschnitt, deren Ränder durch eine in der Mitte hindurch gehende Schraube an die zu verbindenden Hölzer gepreſst werden, lassen sich vorteilhaft statt einer Verdübelung anwenden. Liegen die Querschwellen zwischen den Knoten auf den Gurten, so werden diese auf Achsial- und Biegungsfestigkeit zugleich beansprucht und sind dementsprechend zu berechnen.

Für den Quer- und Windverband gelten die bekannten Regeln. Eine eigenartige Anordnung des Windverbandes, gewissermafsen einen liegenden Howe-Träger, zeigt Abb. 56 bei *d*. Abb. 55 (S. 38) gibt die Durchführung einer seitlichen Versteifung bei unten liegender Bahn.

Die Anordnung des Überbaues Howe'scher Fachwerkbrücken gestaltet sich für unten und oben liegende Brückenbahn im einzelnen wie folgt:

Bei unten liegender Fahrbahn werden die drei unteren Streckbäume oben durch die zur Aufnahme der Fahrschienen bestimmten Querschwellen, unten durch die erwähnten Zangenbalken umfafst, diese beiden durch Bolzen verbunden und in den von ihnen gebildeten Zwischenraum werden die Windkreuze eingeschaltet. Bei niedrigeren Tragwänden werden die drei oberen Streckbäume unten durch die Stützklötze, oben

durch kurze Balkenstücke von gleicher Länge gefafst und durch die Hängestangen aufeinandergepreſst. Tragwände von hinreichender lichter Höhe erhalten Zangenbalken, unter welchen ein zweiter Windverband angebracht wird.

Bei oben liegender Fahrbahn werden oberhalb der oberen und unterhalb der unteren Streckbäume Zangenbalken und an diesen in Entfernungen von 3 bis 4 m lotrechte Kreuzbüge angebracht. Die doppelten Hängeeisen gehen auch hier durch gemeinsame gufseiserne Vorlagplatten und pressen die Zangenbalken, samt den zwischen ihnen befindlichen einzelnen Teilen der Tragwände, fest zusammen.

In beiden Fällen werden die drei Streckbäume in Entfernungen von 0,75 bis 1 m durch einfache Querbolzen, an ihren Stöfsen mittels gufseiserner, 60 bis 70 cm langer, mit Krampen versehener Laschen und je 2 bis 4 Bolzen untereinander verbunden, während die Streben an ihren Kreuzungspunkten miteinander verbolzt werden.

Um die Tragfähigkeit der Fachwerkbrücken durch Verminderung ihrer Spannweite zu erhöhen, erhalten sie über den Jochen eine zu ihrer Achse parallele Unterlage einfacher oder doppelter Sattelhölzer, welche auf den Holmen der Joche oder auf den Mauerbalken der steinernen Pfeiler ruhen und bei hinreichender Höhe durch einzelne oder mehrere, möglichst steil gestellte Kopfbänder unterstützt werden. Zur Vermehrung ihrer seitlichen Standsicherheit erhalten die Überbau-Konstruktionen der Fachwerkbrücken sowohl bei oben als auch bei unten liegender Brückenbahn nötigenfalls auf beiden Seiten eine zu ihrer Achse senkrechte, mit den Jochen verbundene Verstrebung.

Abb. 58. *System Pintowski.* Abb. 59.

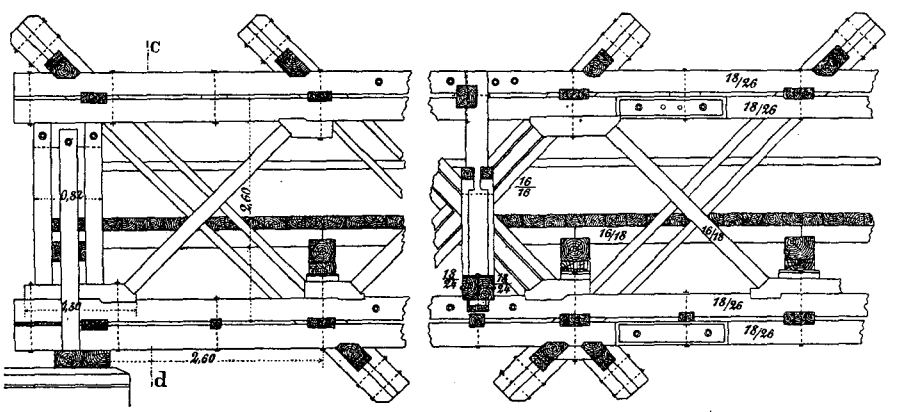


Abb. 60.

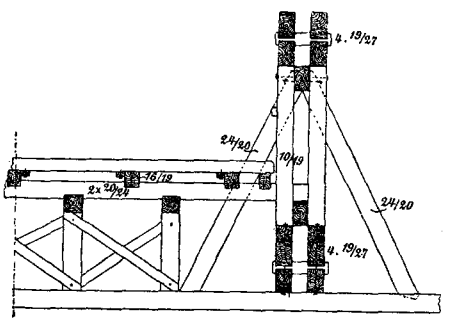
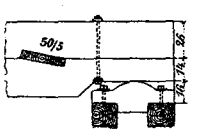


Abb. 61.



Zu den neueren Systemen von hölzernen Fachwerkbrücken, bei welchen die Stäbe nach dem System des gleichschenkeligen oder gleichseitigen Dreiecks angeordnet und abwechselnd auf Druck und Zug konstruiert werden, gehören die Fachwerkbrücken von Ibjanski (Taf. II, Abb. 1 u. 2) und von Pintowski (Textabbildungen 58 bis 61.[24])

[24]) Max Ritter von Thullie, Hölzerne Gitterbrücken in Galizien. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Wien 1897, No. 23.

Bei dem System Ibjanski besteht Obergurt und Untergurt aus je vier Balken, die Streben sind doppelt und stützen sich auf Langklötze, welche mit den Innenbalken des Gurtes verzahnt sind. Die Zugbänder sind ebenfalls doppelt und stützen sich auf Querbalken, die auf den inneren Gurtbalken ruhen, welche letztere mit den äufseren nur durch Schrauben verbunden werden. In der Mitte der Träger, wo die Richtung der Querkräfte wechseln kann, werden Stäbe angewandt, welche abwechselnd gezogen und gedrückt werden können. Die Querträger stecken zwischen den Gurtbalken und sind zwischen den Knoten angebracht, wodurch die belasteten Gurtbalken auch auf Biegung beansprucht werden. Stöfse der Gurtbalken werden durch beiderseitige, am besten eiserne Laschen gedeckt.

Bei dem System Pintowski bestehen Obergurt und Untergurt auch aus je vier Balken; die Streben stützen sich ebenfalls auf Langklötze, welche mit den inneren Gurtbalken verzahnt sind, dagegen sind die Zugstäbe mittels Keilen mit den äufseren Gurtbalken verbunden und die letzteren mit den inneren Gurtbalken durch Keile in bessere Verbindung gebracht. Die Querträger werden zur Vermeidung von Biegungsspannungen der Gurte nur an den Knotenpunkten angebracht und überdies auf oben abgerundete Sattelhölzer gelagert, damit sie den Druck gleichmäfsig auf die Querbalken übertragen.

Abweichend von den beiden vorgenannten Systemen wendet Rychter[25]) Gurte aus je einem, je zwei oder je drei nebeneinanderliegenden Balken und einfaches rechtwinkeliges Stabsystem an, dessen Streben einfach oder mehrfach sind und dessen lotrechte Zugstäbe doppelte hölzerne Hängesäulen bilden, welche aus einem oder je zwei Teilen bestehen. Letztere sind auf beiden Seiten der Gurtung auf zwei Keile gestützt und übertragen so ihre Spannung auf die Gurtung (Taf. II, Abb. 3 bis 16). Die Konstruktion der Knoten richtet sich nach der Zahl der Gurtbalken. Besteht der Gurt aus nur je einem Balken (Abb. 11), so ist die Strebe einfach und stemmt sich gegen einen verzahnten Stemmklotz, welcher den Druck auf den Gurt überträgt, während die Hängesäulen aus je zwei, die einfachen Gurte umfassenden Hölzern bestehen. Besteht der Gurt aus je zwei Balken, so sind die Streben doppelt, die Hängesäulen einfach (Abb. 12) oder doppelt (Abb. 14), besteht der Gurt aus je drei Balken (Abb. 13), so können die Streben dreifach, die Hängesäulen doppelt sein. Wo gröfsere Gurtquerschnitte erforderlich werden, schlägt Rychter je vier Balken vor, wovon je zwei neben-, je zwei übereinander liegen, und zwar mit je zwei Hängesäulen (Abb. 15), oder mit je einer Hängesäule (Abb. 16), bis zu je sechs Balken, wovon je drei neben-, je zwei übereinander liegen. In den Mittelfeldern der Träger, wo die Querkräfte ihre Richtung ändern können, wendet Rychter gekreuzte Streben an (Abb. 9), von welchen je nach der Belastung stets nur eine in Wirksamkeit tritt, weil deren Verbindung mit den Gurten eine Übertragung nur von Druck zuläfst. Die Stemmklötze werden bei gröfseren Inanspruchnahmen mit mehrfacher Verzahnung längs der Gurten, bei geringeren Inanspruchnahmen quer zu den Gurten, also so angebracht, dafs sie den Druck auf alle Gurtbalken übertragen.

Statt der Stöfse der Gurtungen verbindet Rychter die Balken mittels je zweier laschenartig verzahnter und verbolzter Balkenenden (Abb. 3 u. 6), wodurch es möglich wird, sowohl von der einbalkigen in die zweibalkige und von der zweibalkigen in die dreibalkige Gurtung mit nebeneinanderliegenden Balken, als auch von der vierbalkigen

[25]) a. a. O.

in die sechsbalkige Gurtung mit neben- und übereinanderliegenden Balken überzugehen. Aus dieser Möglichkeit, die Gurtungsquerschnitte ihrer von den Auflagern nach der Mitte hin zunehmenden Inanspruchnahme anpassen und die jeweiligen nutzbaren Querschnitte ohne Abzug von Balkenstöfsen in Rechnung ziehen zu können, ergibt sich eine beträchtliche Materialersparnis, welche dadurch noch gesteigert wird, dafs man bei dieser Anordnung kürzere Balkenstücke benutzen kann.

Die Querträger der Brückenbahn, welche ebensowohl oben (Abb. 6 bis 8), als unten angebracht werden können, werden entweder nur in den Knotenpunkten (Abb. 9), oder auch zwischen denselben angeordnet und mittels eines Sattelholzes mit ebenem Eingriff (Abb. 5) auf die Gurtbalken gelagert. Bei den Gurtungen mit je vier und sechs, teils über-, teils nebeneinanderliegenden Balken will Rychter kurze eiserne Zwischenstützen anwenden, welche indessen durch Einlagen aus hartem Holz in Verbindung mit lotrechten Bolzen ersetzt werden können.

Die Endständer sind bei dem System Rychter stets einfach (Abb. 3), oder werden ganz weggelassen (Abb. 6), die Träger ruhen mit ihren Enden auf kantigen, von dem Mauerwerk unterstützten Mauerschwellen. Die wagerechten Querverbände bestehen zwischen den Knotenpunkten aus je zwei gekreuzten, übereinander angeordneten Streben, welche mit Zapfen und Versatzung in die inneren Gurtbalken eingreifen, und aus Querbalken, welche mit den Gurtbalken verkämmt sind (Abb. 6 bis 8). Die lotrechten Querverbände werden bei oben liegender Brückenbahn aus je zwei gekreuzten, mit den Pfosten verblatteten und verbolzten Streben (Abb. 6 bis 8), bei unten liegender Brückenbahn aus je zwei zu beiden Seiten derselben angebrachten, mit den Querbalken oben und unten verblatteten und verbolzten Streben hergestellt.

2. Die Eisenbahn-Fachwerkbrücken. a) Mit oben liegender Brückenbahn. Bei hinreichender Konstruktionshöhe und wo eine möglichste Verkürzung der Brückenjoche wünschenswert erscheint, wird die Brückenbahn auf die Träger gelegt, deren bei eingleisigen Brücken je 2, bei zweigleisigen Brücken meist je 4 angewandt werden. Sie besteht gewöhnlich aus Querschwellen, welche mit den Streckbäumen der Obergurtungen verkämmt sind und die Fahrschienen entweder unmittelbar oder durch Vermittelung von Langschwellen aufnehmen. Die zwischen den Fahrschienen befindlichen Bohlen werden zum Schutze gegen Feuersgefahr mit einer dünnen Kiesschicht bedeckt. Seitlich bringt man hölzerne Brüstungen in einem gegenseitigen Abstande von mindestens 4 m an, deren Pfosten am besten gleichzeitig an die Querschwellen und an die äufsersten Langschwellen angeschraubt werden. Wo besondere Fufswege erforderlich werden, macht man die Querschwellen um 1 bis 1,5 m an jeder Seite länger und versieht sie je nach ihrer Entfernung mit einem Belage von Längsbohlen oder von Langschwellen mit Querbohlen. Der untere Querverband der Träger wird durch Querschwellen hergestellt, welche, in denselben Entfernungen wie die oberen verlegt, mit denselben durch die doppelten Hängeeisen und gufseisernen Vorlagplatten verbunden und hierbei von unten mit den unteren Streckbäumen verkämmt werden. Die beiden, aus gekreuzten, an den Kreuzungsstellen überblatteten Balken bestehenden Windverbände werden oben unter und unten auf die erwähnten Querschwellen geschraubt, sodafs sie zwischen die Ober- und Untergurten zu liegen kommen. Die zur Querversteifung dienenden Kreuzbüge werden an den Enden, je ein Arm vorn, je ein Arm hinten, mit den Querschwellen verblattet und dort, sowie an ihren Kreuzungsstellen verschraubt.

b) Mit unten liegender Brückenbahn. Wo die Konstruktionshöhe der Brücke eine geringe ist, wird die Brückenbahn auf die Streckbäume der unteren Gurten gelegt (Abb. 55, S. 38 und 57, S. 40). Die Querschwellen werden hierbei in Entfernungen von etwa 1 m, meist zu je zweien, zwischen die Stemmklötze verlegt und mit den Streckbäumen der unteren Gurten verkämmt und verschraubt. Unterhalb der Stemmklötze und unter die Streckbäume der unteren Gurten werden Unterzüge an die doppelten Hängeeisen der Tragwände gehängt, welche an die Enden der unter sich verblatteten und in den Kreuzungspunkten verschraubten Kreuzbüge des Windverbandes angebolzt sind. Die lichte Weite der Träger mit Einschluſs aller hervorstehenden Verbindungsschrauben muſs bei normalspurigen Bahnen, entsprechend der Umgrenzung des lichten Raumes, mindestens 4 m betragen. Übertrifft die Höhe der Tragwände die Höhe von 4,8 m dieser Umgrenzung, so werden dieselben auch durch Überzüge verbunden, welche mit den Streckbäumen der oberen Gurten verkämmt und unter welche die Kreuzbüge eines zweiten Windverbandes geschraubt werden. Die Dauer der Brücke wird hierbei wesentlich erhöht, wenn jene Überzüge mit reichlich überhängenden Sparren verbunden werden, welche ein Pfettendach aufnehmen, das den Überbau auch von der Seite hinreichend gegen Schlagregen schützt.

3. Die Straſsen-Fachwerkbrücken. a) Mit oben liegender Brückenbahn. Bei genügender Konstruktionshöhe und zur möglichsten Verminderung der Jochhöhen wird die Brückenbahn auf die Träger gelegt, welche letzteren bei geringeren Breiten der Fuſssteige entweder nur unter der Fahrbahn angebracht werden, während die Fuſswege vorgekragt sind, oder bei gröſseren Fuſswegbreiten sowohl unter der Fahrbahn, als auch unter den Fuſssteigen angeordnet werden. Die gegenseitigen Abstände der Träger werden unter der durch Einzellasten beschwerten Fahrbahn geringer, unter gleichförmig belasteten Fuſssteigen etwas gröſser angenommen; sie richten sich sowohl nach der für den Verkehr erforderlichen Breite, als auch nach der Belastung der Brückenbahn und deren Verteilung.

Bei der Breite einer für den Verkehr nur je eines Fuhrwerkes bestimmten Fahrbahn von 2,5 bis 3 m, an welche sich zwei je 0,5 bis 0,75 m breite Fuſssteige anschlieſsen, genügen zwei Fachwerkträger, welche unter den Seitenkanten der Fahrbahn angebracht und mit starken, beiderseits zur Aufnahme der Fuſssteige hinreichend vorspringenden Querschwellen belegt werden. Bei der Breite einer für den Verkehr je zweier sich begegnenden Fuhrwerke bestimmten Fahrbahn von 5 bis 5,5 m, an welche sich zwei je 1,25 bis 1,5 m breite Fuſswege anschlieſsen, genügen 3, höchstens 4 stärkere Fachwerkträger unter der Fahrbahn und 2 schwächere Fachwerkträger unter den beiden Aufsenkanten jener breiteren Fuſswege. Fuſssteige von 0,75 bis 1 m Breite können bei Anwendung stärkerer Querschwellen vorgekragt werden. Die Standsicherheit der Fachwerkträger wird in Entfernungen von 4 bis 5 m durch lotrechte Kreuzbüge, über den Zwischen- und Endjochen überdies durch einfache oder doppelte, mit denselben fest verbundene Aufsenstreben gesichert. Die unmittelbar auf den Trägern ruhenden Querschwellen nehmen Langschwellen auf, deren Abstand unter der Fahrbahn 0,75 bis 1 m, unter den Fuſssteigen 1 bis 1,5 m beträgt; erstere werden mit starken Querbohlen belegt, die einen zweiten, schwächeren Belag oder eine Beschotterung aufnehmen. Auf die unter den Fuſswegen liegenden Teile der Querschwellen werden nicht selten, zur Erhöhung der ersteren, noch kurze Sattelhölzer geschraubt, welche den für den Fuſsverkehr bequemeren Längsbohlenbelag unterstützen. Die Pfosten der an beiden Aufsenkanten der Fuſswege

anzubringenden Brüstung werden am einfachsten an den Kreuzungsstellen der Quer- und Langschwellen in beide etwas eingelassen und mittels je zweier, unter einem rechten Winkel versetzter Schraubenbolzen mit denselben verbunden. Bei zu gewärtigenden starken Seitenstöfsen werden diese Pfosten durch Büge gegen die nach aufsen vorstehenden Querschwellen abgestrebt.

Als eine ebenso einfache, wie zweckmäfsige Anordnung einer Strafsenfachwerkbrücke mit oben liegender Brückenbahn kann die auf Taf. II, Abb. 6 bis 8, dargestellte Rychter'sche Konstruktion bezeichnet werden, welche nach dem früheren nicht nur eine der vermehrten Inanspruchnahme der Gurten entsprechende Verstärkung nach der Mitte hin, sondern auch einfache, nur in den Mittelfeldern gekreuzte Streben in Verbindung mit lotrechten Hängesäulen vorsieht.

b) Mit unten liegender Brückenbahn. Ist die Konstruktionshöhe der Brücke eine beschränkte, so wird die von unten nach oben aus Querschwellen, Langschwellen und Querbohlen ohne oder mit Beschotterung bestehende Fahrbahn auf die unteren Gurtungen der Fachwerkträger gelegt. Bei beschränkter Breite, wie sie besonders bei einstweiligen Brücken vorkommt, werden die Fufswege ganz weggelassen; bei Anwendung beschotterter Fahrbahn wird diese dicht neben den Fachwerkträgern mit Saumschwellen eingefafst. Bei endgiltigen, stark befahrenen Strafsenbrücken werden die Fufswege entweder zwischen oder aufserhalb neben den Fachwerkträgern angeordnet und im ersteren Falle aus Langschwellen hergestellt, welche auf die Querschwellen geschraubt und mit Querbohlen derart belegt werden, dafs die letzteren sich höher als die Oberfläche der Fahrbahn befinden und behufs Ableitung des Wassers nach innen geneigt sind. Eine hölzerne Rinne, welche zugleich die Saumschwelle der Fahrbahn bildet und zeitweise mit senkrechten Abflufsöffnungen versehen ist, führt das von den Fufssteigen abfliefsende Wasser ab. Statt der Querbohlen werden häufig Längsbohlen angewandt, welche für den Fufsverkehr bequemer sind, und auf kurze hölzerne, mit den Querschwellen verschraubte Sattelstücke genagelt werden. Bei aufserhalb angebrachten Fufssteigen liegen meist Längsbohlen auf den über die Untergurten der Fachwerkträger hinaus verlängerten, auf denselben ruhenden Querschwellen, an welche letztere zugleich die Geländerpfosten geschraubt werden. Unter die Querschwellen und zwischen die Untergurten der Fachwerkträger wird in beiden Fällen ein Windverband eingelegt, dessen Diagonalen in den Kreuzungspunkten an die Querschwellen angeschraubt und mit den Untergurten entweder mittels Zapfen oder mittels gufseiserner Schuhe verbunden werden. Übertrifft die Höhe der Fachwerkträger den zum Strafsenverkehr erforderlichen lichten Raum, so wird auch oben ein Windverband angebracht, welcher aus kräftigen, auf die Obergurten geschraubten Querschwellen besteht, unter welchen, und zwar zwischen den Obergurten, die Diagonalen in der bei Beschreibung des unteren Windverbandes angegebenen Weise befestigt werden. Mit diesem oberen Windverbande läfst sich — wie bei den Eisenbahnbrücken — eine Bedachung verbinden, indem man an die erwähnten oberen Querschwellen Sparren anblattet, die letzteren mit Verschalung versieht und mit Schiefer, Zink, verzinktem Eisenblech oder Teerpappe eindeckt. Liegen die Sparren weiter auseinander, so werden sie am besten mit Pfetten belegt und diese mit Wellenblechen aus Zink oder aus verzinktem Eisenblech abgedeckt.[26])

[26]) Über die Beziehungen der Bedachung zu der äufseren Erscheinung der Fachwerkbrücken vergleiche Kap. III.

Aufser den vorgenannten Systemen sind namentlich in Amerika zur Zeit eine Reihe anderer Konstruktionen zur Ausführung gekommen. Die betreffenden Konstruktionen haben heute nur noch lediglich geschichtliches Interesse; es genügt deshalb darauf hinzuweisen, dafs dieselben in früheren Auflagen dieses Werkes vorgeführt sind.

Unter den neueren Anordnungen der Strafsenfachwerkbrücken mit unten liegender Brückenbahn verdienen die Konstruktionen von Rychter (Taf. II, Abb. 3 bis 5 und 9 bis 16) hervorgehoben zu werden, welche sich durch Einfachheit und Zweckmäfsigkeit der Anordnung auszeichnen. Vor allem ist hierbei nach dem früheren eine allmähliche Verstärkung der Gurtbalken von den Enden nach der Mitte hin und ein einfaches, rechtwinkeliges Stabsystem vorgesehen, dessen Streben nur in den Mittelfeldern gekreuzt und dessen Pfosten hölzerne Hängesäulen sind. Auch nach dem System Pintowski sind in neuerer Zeit Strafsenfachwerkbrücken mit unten liegender Brückenbahn, so bei der im Jahre 1890 erbauten und bewährten Brücke über die Strypa in Buczacs (Abb. 58 bis 61, S. 42) mit einer Spannweite von 25 m zur Ausführung gekommen. Auch nach dem früher erwähnten System sind hölzerne Fachwerkbrücken mit unten liegender Brückenbahn, so über den Dunajec bei Golkowice mit vier Spannweiten von je 36 m und über den San-Flufs in Jaroslau mit 2 Spannweiten zu je 44 m, im Jahre 1885 erbaut worden. Bei den zwei letzteren Systemen sind übrigens, nach dem früheren, die Gurtbalken in gleicher Stärke durchgeführt, während das Stabwerk nach dem System des gleichschenkeligen Dreiecks mit aufeinanderfolgenden gedrückten und gezogenen Stäben angeordnet ist.

4. Statische Berechnung der Fachwerkbrücken.[27]) a) Paralleltträger mit Stäben nach dem System des gleichschenkeligen Dreiecks und beliebiger Belastung. Bezeichnet

X_m und Z_m die Spannung bezw. in dem $m$ten oberen und $m$ten unteren Gurtstück,

x_m und z_m den zugehörigen, auf den zweckmäfsigsten Drehpunkt bezogenen Hebelarm und

${}^aM_m$ und ${}^aM_{m+1}$ das auf den zugehörigen zweckmäfsigsten Drehpunkt bezogene Angriffsmoment,

so ist

$$X_m = -\frac{1}{x_m} \cdot {}^aM_m \text{ und } Z_m = \frac{1}{z_m} \cdot {}^aM_{m+1} \quad \ldots\ldots \quad 69.$$

Nennt man

Y_m^r und Y_m^l die Spannung in dem $m$ten bezw. rechts und links steigenden Stabe,

y_m^r und y_m^l den zugehörigen, bezw. auf den zweckmäfsigsten Drehpunkt D_m und D_{m-1} bezogenen Hebelarm,

${}^aM_m$ und ${}^aM_{m-1}$ das zugehörige Angriffsmoment,

so ist die Spannung

$$Y_m^r = \frac{1}{y_m^r} \cdot {}^aM_m \text{ und } Y_m^l = -\frac{1}{y_m^l} \cdot {}^aM_{m-1} \quad \ldots\ldots \quad 70.$$

α. Ungleiche und ungleich verteilte Lasten. Bezeichnen

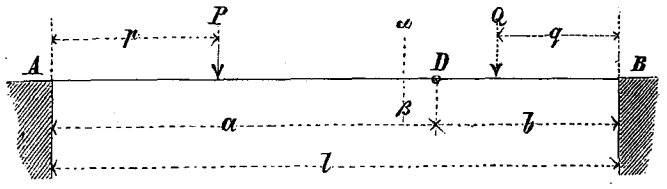
P und Q die links und rechts von einem beliebigen, durch den Träger geführten Schnitt $\alpha\beta$ gelegenen Lasten,

---

[27]) Bezüglich einer ausführlichen Theorie der Fachwerkbrücken wird auf die dritte Abteilung dieses Werkes in 3. Auflage verwiesen.

p und q deren Abstände bezw. von der linken und rechten Stütze,
a und b die Abstände des zweckmäfsigsten Drehpunktes D bezw. von der linken und rechten Stütze A und B,

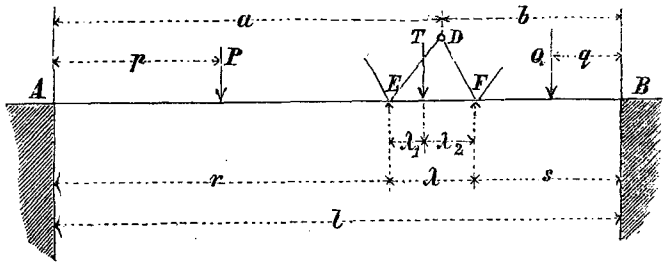
Abb. 62.



so ist, mit Bezug auf Abb. 62, für einen zwischen den Stützen mit der Stützweite l liegenden Drehpunkt D ganz allgemein das Angriffsmoment

$$^{a}M = P\,\frac{p}{l}\,.\,b + Q\,\frac{q}{l}\,.\,a \qquad 71.$$

Abb. 63.



Die ungünstigste Laststellung ergibt sich aus der Bedingung

$$P\,b - Q\,a \gtrless 0 \qquad 72.$$

in Bezug auf denjenigen Knotenpunkt des Trägers, für welchen diese Differenz aus einem positiven in einen negativen Wert übergeht.

Wirkt innerhalb eines Feldes $E\,F$ des Trägers von der Weite λ (Abb. 63), für welche die Lage des Schnittes gleichgiltig ist, noch eine Last T, während sich links und rechts von derselben bezw. die Lasten P und Q befinden, so erscheint es zweifelhaft, ob T links oder rechts von dem Schnitte anzunehmen ist. Zerlegt man aber T in die Seitenkräfte

$$T\,.\,\frac{\lambda_2}{\lambda} = R \text{ und } T\,.\,\frac{\lambda_1}{\lambda} = S \qquad 73.$$

welche bezw. in den Punkten E und F mit den Abständen r und s von dem linken und rechten Stützpunkt wirkend anzunehmen, also bei der Entwickelung des Angriffsmomentes bezw. auf das linke und rechte Auflager zu verteilen sind, so ergibt sich das Angriffsmoment

$$^{a}M = \frac{Pp + Rr}{l}\,.\,b + \frac{Qq + Ss}{l}\,.\,a \qquad 74.$$

Je nachdem dieser Ausdruck, nach Einführung der Zahlenwerte, positiv oder negativ, also

$$P\,b - Q\,a + \frac{T}{\lambda}\,(s\,.\,a - r\,.\,b) \gtrless 0 \qquad 75.$$

wird, müssen die Lasten bezw. nach rechts oder nach links verschoben werden, um die Gurtspannung bezw. zu vermehren oder zu vermindern. Dieser Ausdruck ändert sich aber nicht, solange P, Q und T sich nicht ändern. Das relativ gröfste Angriffsmoment entsteht daher, solange P, Q und T dieselben bleiben, für diejenige Stellung derselben, bei welcher jener positive in einen negativen Wert übergeht, insbesondere also die Last T über einem der Knotenpunkte E oder F des durchschnittenen Feldes steht.

β. Gleiche und gleichförmig auf Knotenpunkte verteilte Lasten. Erhält der Träger, wie gewöhnlich, n gleiche Felder mit der Weite λ, also $n - 1$ freiliegende Knotenpunkte und hat in jedem Knotenpunkte die Last k zu tragen, so wird für einen Schnitt in dem beliebigen $m$ten Felde

$$P = k\,(m - 1),\; Q = k\,(n - m),\; p = \frac{m\lambda}{2},\; q = \frac{(n - m + 1)}{2}\,\lambda,$$

mithin ergibt sich, wenn $n\,\lambda = l$ gesetzt wird und a, b dieselbe Bedeutung behalten, für einen beliebigen, zwischen die Stützen fallenden Drehpunkt aus Gleichung 71 das Angriffsmoment

$$^{a}M_m = \frac{k}{2n}\,[(m - 1)\,m\,b + (n - m)\,(n + 1 - m)\,a] \qquad 76.$$

Hölzerne Brücken.

Abb. 1-7. Fachwerkbrücke der oesterreichischen Südbahn.

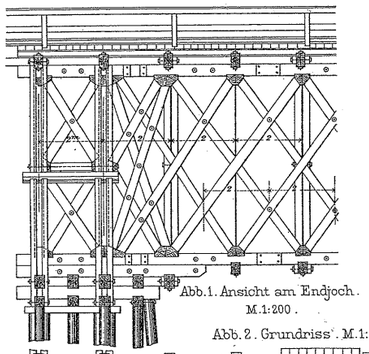


Abb. 1. Ansicht am Endjoch. M. 1:200.

Abb. 2. Grundriss. M. 1:200.

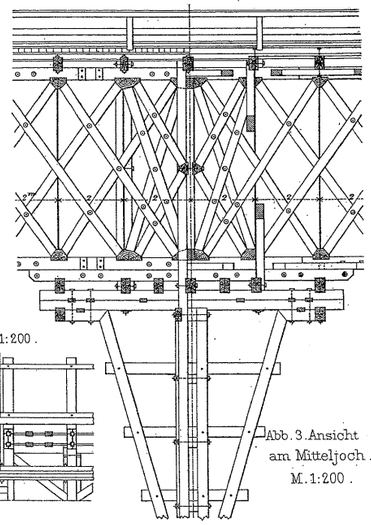


Abb. 3. Ansicht am Mitteljoch. M. 1:200.

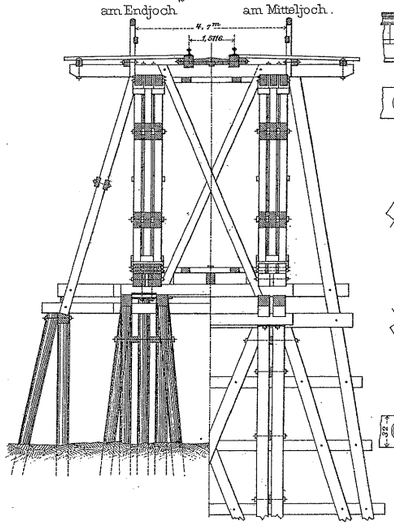


Abb. 4 u. 5. Querschnitte. M. 1:200.
am Endjoch — am Mitteljoch.

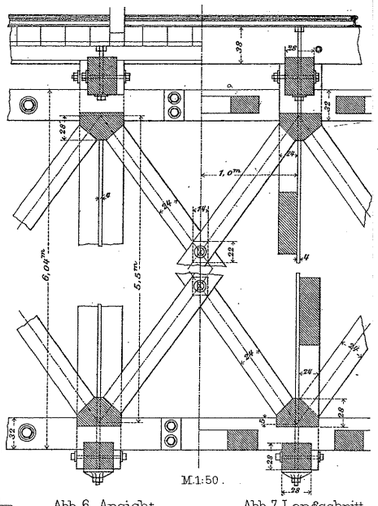


Abb. 6. Ansicht. — Abb. 7. Langschnitt. M. 1:50.

Abb. 8-14. Sprengwerkbrücke der oesterr. Nordwestbahn.

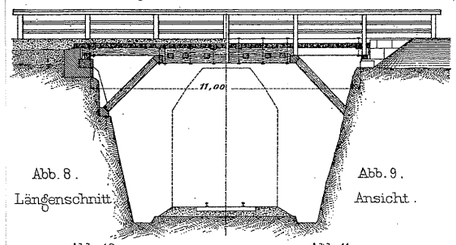


Abb. 8. Längenschnitt. — Abb. 9. Ansicht.

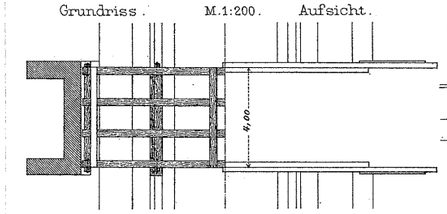


Abb. 10. Grundriss. — Abb. 11. Aufsicht. M. 1:200.

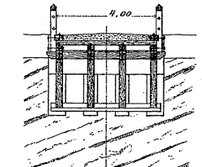


Abb. 12. Querschnitt durch die Mitte.

Abb. 13. Einzelheit des Querschnitts. M. 1:100.

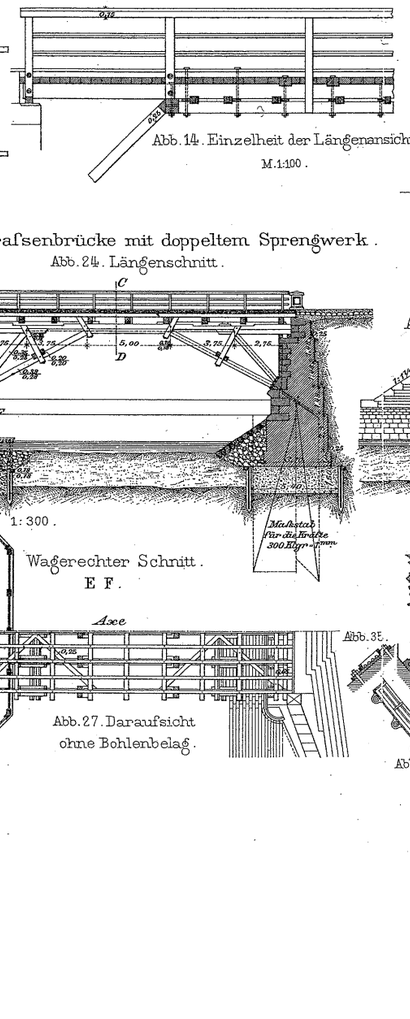


Abb. 14. Einzelheit der Längenansicht. M. 1:100.

Abb. 15-22. Wegbrücke zu Seeheim bei Darmstadt.

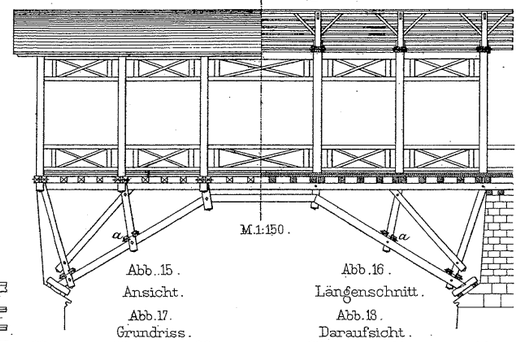


Abb. 15. Ansicht. — Abb. 16. Längenschnitt.

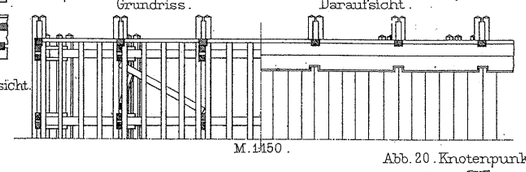


Abb. 17. Grundriss. — Abb. 18. Daraufsicht. M. 1:150.

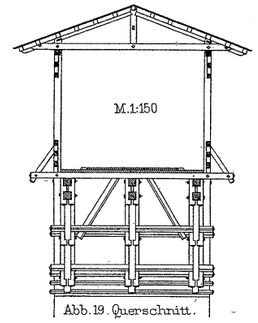


Abb. 19. Querschnitt.

Abb. 21. Einzelheit der Querzangen b c.

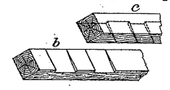


Abb. 22. Hängzangen d e.

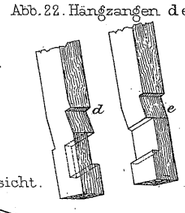


Abb. 20. Knotenpunkte a.

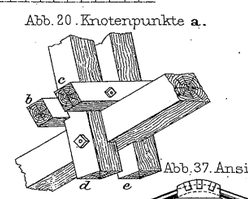


Abb. 23-36. Strafsenbrücke mit doppeltem Sprengwerk.

Abb. 23. Ansicht. — Abb. 24. Längenschnitt.

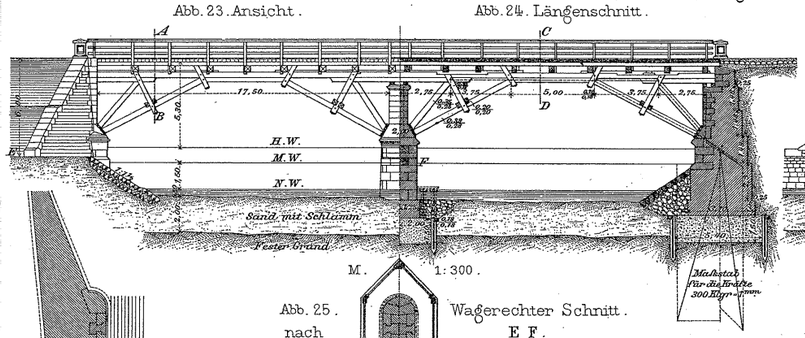


Abb. 25. Wagerechter Schnitt nach E F.

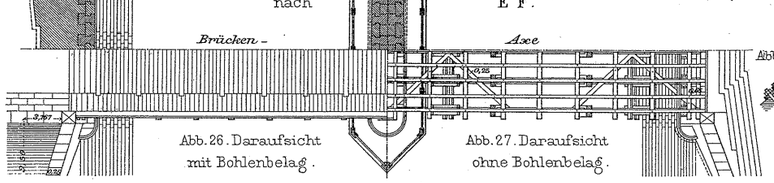


Abb. 26. Daraufsicht mit Bohlenbelag. — Abb. 27. Daraufsicht ohne Bohlenbelag.

Abb. 28 u. 29. Querschnitte nach AB. nach CD.

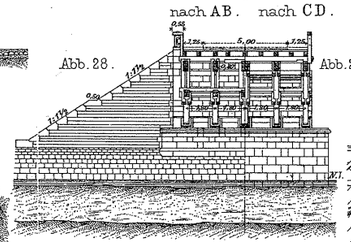


Abb. 28. — Abb. 29.

Abb. 30-32. Streberköpfe.

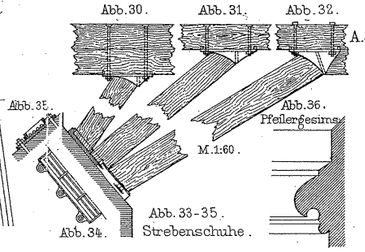
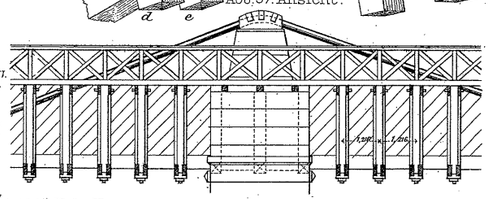


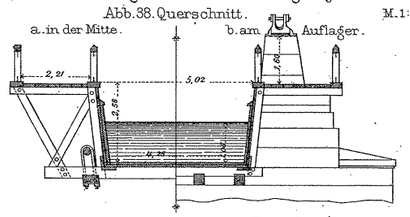
Abb. 33-35. Strebenschuhe.

Abb. 37. Ansicht.



A. 37, 38. Hölz. Kanalhängebrücke über d. Allegheny bei Pittsburg.

Abb. 38. Querschnitt. M. 1:160.
a. in der Mitte. — b. am Auflager.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Fällt der Drehpunkt mit dem $m$ten Knotenpunkte zusammen, oder in eine durch ihn geführte Lotrechte, so wird noch $a = m\,\lambda$ und $b = (n - m)\,\lambda$, mithin, wenn diese Werte in Gleichung 76 eingeführt werden,

$$ {}^{a}M_{m} = \frac{k\lambda}{2}\, m\,(n - m) \quad \ldots \quad 77. $$

Fällt dagegen der Drehpunkt mit dem $(m - 1)$ten Knotenpunkte zusammen, oder in eine durch ihn geführte Lotrechte, so wird $a = (m - 1)\,\lambda$ und $b = (n + 1 - m)\,\lambda$, mithin, wenn diese Werte in Gleichung 76 eingeführt werden,

$$ {}^{a}M_{m} = \frac{k\lambda}{2}\,(m - 1)\,(n + 1 - m) \quad \ldots \quad 78. $$

Fällt der Drehpunkt in die Mitte des Trägers, in welchem Fall $m = \frac{n}{2}$, so erreicht dieses Angriffsmoment seinen unbedingten Gröfstwert

$$ {}^{a}M_{max} = k\lambda \cdot \frac{n^2}{8} \quad \ldots \quad 79. $$

γ. Gleichförmig und stetig verteilte Lasten. Bezeichnet g die gröfste, auf die Längeneinheit gleichförmig verteilte Belastung, so wird $P = 2\,p\,g$ und $Q = 2\,q\,g$, daher nach Gleichung 71 für einen beliebigen, zwischen die Stützen fallenden Drehpunkt das Angriffsmoment

$$ {}^{a}M = \frac{2g}{l}\,(p^2 \cdot b + q^2 \cdot a) \quad \ldots \quad 80. $$

Fällt der Drehpunkt mit dem Schnitte zusammen, so wird noch $p = \frac{a}{2}$ und $q = \frac{b}{2}$, mithin ergibt sich, wenn diese Werte in Gleichung 80 eingeführt werden, für einen mit dem Schnitte zusammenfallenden Drehpunkt das Angriffsmoment

$$ {}^{a}M = \frac{g}{2} \cdot a \cdot b \quad \ldots \quad 81. $$

Fällt der Drehpunkt in die Mitte des Trägers, in welchem Falle $a = b = \frac{l}{2}$, so erreicht dieses Angriffsmoment seinen unbedingten Gröfstwert

$$ {}^{a}M_{max} = g \cdot \frac{l^2}{8} \quad \ldots \quad 82. $$

Liegen die Drehpunkte, wie dies bei Aufstellung der Momente für die Diagonalen der Fall zu sein pflegt, aufserhalb der Stützen, so ist in den Gleichungen 71 und 74 $-a$ statt $+a$ zu setzen, wenn sie links, und $-b$ statt $+b$ zu setzen, wenn sie rechts von den beiden Stützpunkten fallen. Hierdurch erhalten die Glieder von ${}^{a}M$ entgegengesetzte Vorzeichen, mithin ergeben sich für einen, z. B. links von den Stützen befindlichen Drehpunkt deren Gröfstwerte, wenn die Faktoren $P\,p$ und $R\,r$ von b ihren gröfsten und die Faktoren $Q\,q$ und $S\,s$ von a ihren kleinsten Wert annehmen und deren Kleinstwerte, wenn das Umgekehrte stattfindet.

δ. Ungleiche und ungleich verteilte Lasten für die Berechnung der Diagonalen. Hiernach erhält man für einen links von den beiden Stützpunkten liegenden Drehpunkt aus Gleichung 71 das gröfste positive Angriffsmoment

$$ {}^{a}M_{max} = (P\,p)_{max} \cdot \frac{b}{l} - (Q\,q)_{min} \cdot \frac{a}{l} \quad \ldots \quad 83. $$

und das gröfste negative Angriffsmoment

$$ {}^{a}M_{min} = (P\,p)_{min} \cdot \frac{b}{l} - (Q\,q)_{max} \cdot \frac{a}{l} \quad \ldots \quad 84. $$

ε. Gleiche und gleichförmig auf Knotenpunkte verteilte Lasten für die Berechnung der Diagonalen. Versteht man unter e und v bezw. die Eigengewichtsbelastung und die gröfste Verkehrslast eines Knotenpunktes, also unter $e + v$ die

gröfste, unter e die kleinste Belastung je eines Knotenpunktes, so erhält man für einen links von den Stützpunkten liegenden Drehpunkt aus Gleichung 83 und 84 bezw. das gröfste positive und das kleinste negative Angriffsmoment

$$ {}^{a}M_{max} = (e + v)\,\frac{m\,(m+1)}{2n}\,.\,b - e\,.\,\frac{(n-m)\,(n-1-m)}{2n}\,.\,a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 85. $$

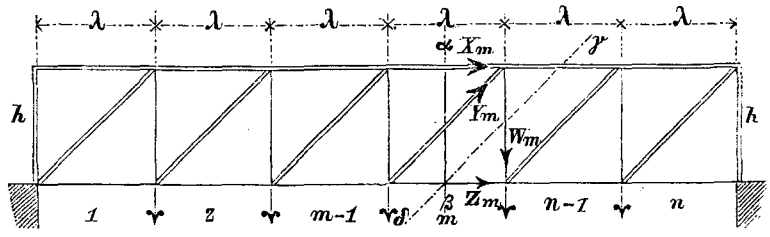
und

$$ {}^{a}M_{min} = e\,.\,\frac{m\,(m+1)}{2n}\,.\,b - (e + v)\,\frac{(n-m)\,(n-1-m)}{2n}\,.\,a \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 86. $$

Die hölzernen Fachwerkbrücken werden meist mit Parallelträgern und rechtwinkeligem Stabsystem hergestellt, welches bei kleinen Spannweiten einfach, bei gröfseren Spannweiten zwei- und mehrfach ist.

b) Parallelträger mit Stäben nach dem System des rechtwinkeligen Dreiecks. α. Einfaches Stabsystem. Diese Träger lassen sich mittels der früher aufgestellten Formeln 69 u. 70 und 71 bis 86 berechnen. Nimmt man, wie es gewöhnlich geschieht, n Felder von der gleichen Länge λ und der Höhe h (Abb. 64) an, so vereinfachen sich jene Formeln.

Abb. 64.



Angenommen, die Fahrbahn liege unten und der Träger sei in jedem unteren Knotenpunkte mit der ruhenden Last e und der gröfsten bewegten Last v beschwert, so ergibt sich für das System mit gedrückten Diagonalen und gezogenen Pfosten die gröfste Spannung des $m$ten oberen Gurtstücks

$$ X_{m\,min} = -(e + v)\,\frac{\lambda}{2h}\,(m - 1)\,(n + 1 - m)\,, \quad . \quad . \quad . \quad 87. $$

und des $m$ten unteren Gurtstücks

$$ Z_{m\,max} = (e + v)\,\frac{\lambda}{2h}\,m\,(n - m)\,, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 88. $$

worin $(e + v)\,\frac{\lambda}{2h}$ einen Festwert darstellt, welcher mit einem veränderlichen Produkte zu multiplizieren ist.

Die Grenzspannungen der Diagonalen 1 bis n mit der durchweg gleichen Länge $d = \sqrt{\lambda^2 + h^2}$ sind

$$ Y_{m\,min} = -\frac{d}{2h}\left[e\,(n + 1 - 2m) + \frac{v}{n}\,(n - m)\,(n + 1 - m)\right], \quad . \quad . \quad 89. $$

und

$$ Y_{m\,max} = \frac{d}{2h}\left[-e\,(n + 1 - 2m) + \frac{v}{n}\,m\,(m - 1)\right], \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 90. $$

worin $\frac{d}{2h}$ wiederum einen Festwert darstellt.

Die Grenzspannungen in den Pfosten 0 bis $n - 1$ sind

$$ V_{m\,max} = \frac{e}{2}\,(n + 1 - 2m) + \frac{v}{2n}\,(n - m)\,(n + 1 - m) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 91. $$

und $$V_{m\,min} = \frac{e}{2}(n+1-2m) - \frac{v}{2n} m(m-1) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 92.$$

Sind die Spannungen dieses Trägers mit durchweg rechts steigenden Diagonalen, welche auf der linken Seite Druck-, auf der rechten Seite Zugspannungen annehmen, berechnet, so lassen sich hieraus leicht die Spannungen des Trägers mit nur gedrückten, zur Mittellinie symmetrischen Diagonalen ableiten, wenn man alle Diagonalen, welche Zugspannung annehmen, wegläfst und durch solche mit entgegengesetzter Neigung und mit Druckspannung ersetzt.

Liegt die Brückenbahn oben, so bleiben die Spannungen der Gurtstäbe und Diagonalen dieselben und es gehen nur die Grenzspannungen der Pfosten von 0 bis $n-1$ in die folgenden über:

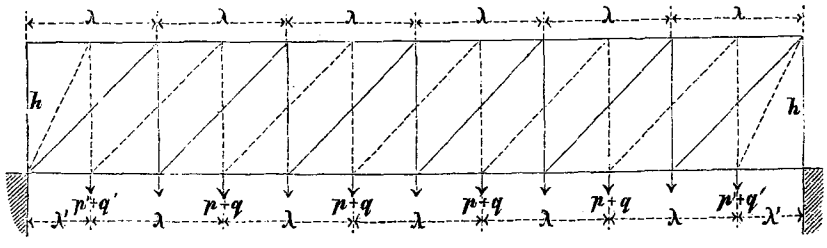
$$V_{m\,max} = \frac{e}{2}(n-1-2m) + \frac{v}{2n}(n-m)(n-1-m) \quad \ldots \ldots \quad 93.$$

und

$$V_{m\,min} = \frac{e}{2}(n-1-2m) - \frac{v}{2n} m(m+1) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 94.$$

β. Zwei- und mehrfaches Stabsystem. Bei Paralleltrögern mit gröfseren Spannweiten, deren Feldweiten bei dem zweckmäfsigsten Neigungswinkel der Diagonalen von 45° zu grofs werden würden, um eine angemessene Anordnung der Brückenbahn zuzulassen, schaltet man in das einfache System ein zweites ein (Abb. 65), welches mit einem schmäleren, meist halb so breiten Felde anfängt und endigt, in der Mitte aber Felder von derselben Breite wie das erste System besitzt.

Abb. 65.



Die Berechnung des in dieser Weise zusammengesetzten Paralleltrögers erfolgt für jedes System besonders, wobei das erste, mit durchweg gleich breiten Feldern versehene System nach den zuvor entwickelten Formeln und unter Annahme der entsprechenden Knotenlast und das zweite System nach den zuvor entwickelten allgemeinen oder nach besonders zu entwickelnden Formeln berechnet werden kann. Die Spannungen des zusammengesetzten Trägers ergeben sich dann aus den Spannungen der aufeinandergelegt gedachten Einzelträger, indem sie bei den sich deckenden Teilen, also bei den Gurtungen und bei den Endständern, zusammengezählt werden.

5. Abmessungen der Fachwerkträger. Um die Abmessungen der Streben zu bestimmen, sei F die für reine Druckfestigkeit nach der Formel $F = \frac{S}{K}$ berechneteQuerschnittsfläche, worin S die vom Stabe aufzunehmende Spannung, K die zulässige Inanspruchnahme f. d. Flächeneinheit darstellt. Mit Rücksicht auf die Sicherheit gegen Einknicken setze man nun die wirklich anzuwendende Querschnittsfläche $F_1 = F\left(1 + C\frac{l^2 F_1}{J_1}\right)$, wenn J_1 das Trägheitsmoment von F_1, l die Stablänge und C einen Festwert bezeichnet, welcher für ebene Enden mit 0,00015 angenommen werden darf. Unter dieser Voraussetzung er-

hält man für einen rechteckigen Querschnitt, an welchem h die kleinere der beiden Abmessungen des Querschnittes F_1 ist,

$$F_1 = F\left(1 + 0{,}0018\,\frac{l^2}{h^2}\right). \quad \ldots \quad 95.$$

Unter Anwendung eines rechteckigen Querschnittes mufs h zuerst näherungsweise angenommen werden; für den im vorliegenden Falle meist vorkommenden quadratischen Querschnitt ist $F_1 = h^2$, woraus sich ergibt:

$$F_1 = \frac{F}{2} + \sqrt{\frac{F^2}{4} + 0{,}0018\,l^2} \quad \text{oder} \quad F_1 = \frac{S}{2K} + \sqrt{\frac{S^2}{4K^2} + 0{,}0018\,l^2} \quad \ldots \quad 96.$$

Für die eisernen Zugstangen ist zunächst ihr kleinster nutzbarer Querschnitt $\frac{\pi}{4}\,d^2$ zu ermitteln. Wo in die Zugstangen Schraubengewinde von der Gangtiefe 0,2 D des äufseren Durchmessers einzuschneiden sind, ist $D = d + 2 \,.\, 0{,}2\,D$, und $d = 0{,}6\,D$, also der Durchmesser der Zugstangen $D = \frac{d}{0{,}6} = 1{,}66\,d$ anzunehmen.

Bei längeren Stangen vom Durchmesser d ist es vorteilhaft, die Stelle, an welcher die Schraubengänge zu bilden sind, vorher durch Stauchen auf die gröfsere Stärke mit dem Durchmesser D zu bringen.

Die erforderliche Spannung der Zugstangen über dem Auflager einfacher Träger kommt dem halben Stützendrucke gleich, die Stangen könnten also schwächer als ihre Nachbarn gehalten werden; an einem Mittellager durchgehender Träger hingegen ist die Summe der Spannungen sämtlicher Pfosten dem Stützendrucke gleich. Durch die Belastung entsteht ein Druck, der zum Teile eine Verminderung der Spannungen, ein Zusammenpressen der hölzernen Endständer bewirkt. Die Bedingung, dafs die Längenänderung von Pfosten und Endzugstange dieselbe sein mufs, liefert für den Druck S auf die Endpfosten eines einfachen Trägers, wenn E und E_1 die Elastizitätsziffern für Eisen bezw. Holz, f und f_1 die bezüglichen Querschnitte von Zugstange und Pfosten, A der Stützendruck,

$$S = \frac{E_1 f_1}{E f + E_1 f_1} \cdot \frac{A}{2} \quad \ldots \quad 97.$$

In der Regel ergibt sich dieser Druck so klein, dafs man den Pfosten stärker machen mufs, als die Rechnung fordert.

Bei Abmessung der Gurtungen ist, wenn die Übertragung der Last nur an den Knotenpunkten erfolgt, für die Zuggurte die Spannung S durch die zulässige Inanspruchnahme zu dividieren, um die nutzbare Querschnittsfläche zu erhalten. Aus dieser ergibt sich durch Zuschlag der bei Einschnitten oder Bolzenlöchern verloren gegangenen Flächen die wirklich nötige Querschnittsfläche. Hierbei ist jedoch noch eines zu beachten. Es ist bei Holzkonstruktionen im allgemeinen sehr schwer, Balken, welche auf Zug beansprucht werden, an den Stofsstellen miteinander so zu verbinden, dafs an Festigkeit nichts verloren geht. Man pflegt daher im gezogenen Gurte den gestofsenen Balken nicht mit in den nutzbaren Querschnitt einzubeziehen, und verzichtet am Stofse auf einen eigenen Ersatz für den gezogenen Balken, bringt aber eine gufseiserne Deckplatte auf einer Seite des Stofses an (Abb. 1, 2, Taf. II). Diese Anordnung ist jedoch nicht gerade zweckmäfsig zu nennen, da sehr leicht ein Abscheren des Holzes in der Längsrichtung an jenen Stellen stattfinden kann, wo der Klotz in die gestofsenen Enden eingreift. Besser ist es in diesem Falle, zwei Platten zu beiden Seiten des Stofses anzuordnen. Eine eigentümliche Stofsverbindung mittels Stiftplatten, die einen innigeren Verband im Zuggurte bewirken, zeigt die amerikanische Anordnung Abb. 56 *c* (S. 39).

Zwischen den Gurten sitzen mit hervorragenden Stiften versehene Platten K, welche durch das Anziehen von zwei Schrauben (in der Figur als länger gezeichnete, aufserhalb der Platte sitzende kleine Zylinder kenntlich) in das Holz eingepreſst werden. Diese Stiftplatten sind durch eiserne Haftklammern n verbunden, welche imstande sind, Zugspannungen aufzunehmen. Bei dieser Anordnung dürfte ein Hinzurechnen der Stoſsflächen zur Nutzfläche sich eher rechtfertigen lassen, sofern der Querschnitt der Klammer hinreichend groſs ist.

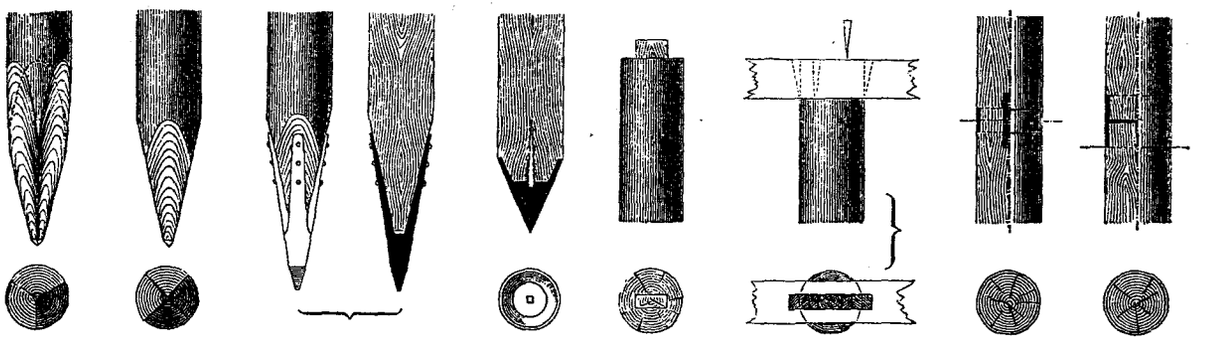
Auch beim gedrückten Gurt ist es ratsam, für Berechnung des Querschnittes die Einschnitte und Bolzenlöcher in Abzug zu bringen, da man nicht annehmen kann, daſs sie vollkommen ausgefüllt werden. Dagegen erregen Stöſse weniger Bedenken, falls die sich berührenden Stoſsflächen möglichst genau zusammengearbeitet werden. Um ein Ineinanderbeiſsen der Fasern an der Stoſsstelle zu verhüten, ist es zweckmäſsig, 4 bis 6 mm starke Bleche einzulegen. Eine weitere Deckung der Stöſse erscheint nicht nötig, doch ist es angezeigt, durch eine Verlaschung etwaigen Verschiebungen zu begegnen.

§ 10. Die Joche der Balken-, Hängewerk- und Fachwerkbrücken.

1. Allgemeine Anordnung und Konstruktion der Joche. Einfache, aus einer Pfahlreihe bestehende Joche sind nur bei niedrigen, im Damme steckenden Endjochen oder für Zwischenjoche von Brücken mit geringen Höhenlagen, Breiten und Spannweiten anwendbar. Zusammengesetzte, je nach der aufzunehmenden Last aus zwei bis vier Pfahlreihen bestehende Joche werden bis zu Höhen von 5 bis 7 m meist als durchgehende, aus ganzen Pfählen bestehende, bei Höhen über 7 m, insbesondere in tieferen Gewässern, in denen eine Auswechselung ganzer Pfähle schwierig wird, mit Vorteil als aufgesetzte, d. h. aus Grund- und Oberjoch bestehende, und diese wieder in einer oder in mehreren Geschossen konstruiert.

a) Die durchgehenden Joche. Die Pfähle je zweier Pfahlreihen werden zur Erreichung gröſseren Widerstandes gegen Stöſse und Verdrehungen schräg (Taf. I, Abb. 31), und zwar mit einer von der nötigen Standfestigkeit und zulässigen Jochbreite abhängigen Neigung von 1 : 10 bis 1 : 20, die Pfähle mittlerer Reihen lotrecht eingerammt. Die Zahl der Pfähle richtet sich nach der Gröſse der von ihnen aufzunehmenden Last, ihr gegenseitiger Abstand danach, daſs eine möglichst gleichmäſsige Verteilung ihrer Belastung eintritt. Bei nachgiebigem Baugrund, z. B. Lehm-, Ton- oder Sandboden, und nicht zu groſsen Tiefen genügt es, die Pfähle unten mit einer drei- oder vierseitigen, etwas abgestumpften Spitze (Abb. 66 u. 67) zu versehen, welcher man die zwei- bis dreifache Pfahldicke zur Länge und zur Vermeidung von Schiefstellen des Pfahles eine genau zentrische Lage gibt. Bei unnachgiebigem Baugrund, z. B. bei Kies- oder steinigem Boden und bei gröſseren Gründungstiefen werden die Pfahlspitzen mit schmiedeisernen oder guſseisernen Pfahlschuhen (Abb. 68 u. 69) versehen. Diese Pfahlschuhe erhalten mit zunehmender Festigkeit des Bodens ein Gewicht von 5 bis 10 kg, wenn sie aus Schmiedeisen, ein Gewicht von 20 bis 25 kg, wenn sie aus Guſseisen bestehen. Um die Endjoche, welche in den Damm zu stehen kommen, also der schädlichen Feuchtigkeit desselben ausgesetzt sind, ebenso dauerhaft wie die Miteljoche zu machen, sind ihre Abmessungen, dem voraussichtlichen Abgang durch Fäulnis entsprechend, stärker anzunehmen und ihre Pfähle getrennt zu stellen, um dem Erdschub möglichst wenig Angriffsfläche entgegenzusetzen. Wie Bohlwerke konstruierte Endjoche, welche den Schub der ganzen Hinterfüllung auszuhalten haben, der Fäulnis

Abb. 66. Abb. 67. Abb. 68. Abb. 69. Abb. 70. Abb. 71. Abb. 72. Abb. 73.



ganz besonders ausgesetzt sind und aus diesen beiden Gründen die vergleichsweise stärksten Abmessungen erfordern, sind zu vermeiden. Um den Mitteljochen auch senkrecht zur Brückenachse die nötige Seitensteifigkeit zu geben, erhalten dieselben an ihren beiden Köpfen Strebepfähle (Taf. III, Abb. 4 u. 5), welche einen keilförmigen Abschluſs derselben durch Streichruten gestatten und so die Joche gegen Stöſse durch kleinere Eisschollen sichern. Zur Abwehr gröſserer, bei reiſsendem Wasser abgehender Eismassen sind aufserdem, je nach der Höhe des Wasserstandes, in Abständen von 1 bis 3 m besondere Eisbrecher vor denselben aufzustellen (vergl. Band I, und Taf. I, Abb. 23).

Sämtliche Pfähle eines Joches werden durch Zangenhölzer und Bolzen untereinander verbunden. Nehmen sie nur eine Unterlagschwelle für die Tragbalken auf, so werden die Pfähle für jene ausgeschnitten und mit ihr verschraubt. Nehmen sie, was schon für Jochweiten von über 6 m zur besseren Verteilung des Auflagerdrucks zweckmäſsig ist, zwei Unterlagsschwellen der Tragbalken auf, so werden sie mit den darunter befindlichen Kopfhölzern überblattet und diese mit den Pfählen durch Zapfen (Abb. 70), oder, wo ein Abheben jener Schwellen verhindert werden soll, durch Keilzapfen (Abb. 71) und nötigenfalls noch durch eiserne Bolzen und Bänder verbunden. Für Spannweiten über 12 m, die von zwei, höchstens drei Trägern überbrückt sind, erscheint die Anwendung von Eichenholz zu den Unterlagschwellen angemessen.

Genügt die Länge der Pfähle nicht, um die nötige Tiefe zu erreichen, so werden dieselben aufgepfropft, indem man deren Hirnfläche sorgfältig ebnet und die Pfahlköpfe an ihrer Berührungsstelle so verbindet, daſs sie gegen seitliche Verschiebung gesichert sind. Diese Verbindung der Pfahlköpfe wird durch einen eingelassenen Ring in Verbindung mit einem genau zentrierten, hölzernen oder schmiedeisernen Dollen (Abb. 72) durch ein gufseisernes Zwischenstück (Abb. 73), durch schmiedeiserne Klammern oder durch schmiedeiserne Schienen bewirkt, welche über den Stoſs genagelt und zur Vermeidung von Verbiegungen durch Druck und Stoſs nach der Längenachse mit länglichen Nagellöchern versehen werden. Wird eine Verlängerung von Pfählen über Erde nötig, so dürfen sich die Hirnenden nicht unmittelbar berühren, vielmehr sind dann Schwellen zwischen beide einzuschalten, welche das Joch in ein Grund- und in ein Oberjoch zerlegen.

b) Die aufgesetzten Joche. Bei Überbrückung gröſserer Gewässer wird die Auswechselung schadhafter Pfähle erleichtert, wenn die Kappschwellen des Grundjochs unter den niedrigsten Wasserstand gelegt und hierdurch vor Fäulnis bewahrt werden: eine Anordnung, welche für kleinere Brücken, bei welchen eine nachträgliche Verstärkung oder Auswechselung schadhafter Jochteile weder groſse Schwierigkeiten noch hohe Kosten veranlaſst, unterbleiben kann.

Die beste Form der aufgesetzten Joche, welche eine Höhe von 8 bis 10 m erhalten können, ist die parallel-trapezförmige; wenn die Örtlichkeit die Anordnung einer breiten Grundlinie gestattet, sind sie auch wegen der leichteren Ausführung allen anderen vorzuziehen. Die Verbindung des Oberjochs mit dem Grundjoch ist durch geeignete Verzapfungen, Bolzen, Klammern und Bandeisen zu bewirken (Abb. 21, S. 24). Sämtliche Teile der Jochaufsätze, deren Säulen ebenfalls aus Rundhölzern herzustellen sind, werden durch Zangenhölzer und Verstrebungen untereinander verbunden.

Um sämtlichen, insbesondere hohen und einfachen Jochen mehr Standsicherheit zu geben, läfst sich, wo es die lichte Höhe der Brücke gestattet, mit einzelnen Jochständern ein an die Tragbalken gehängter Längsbalken, ein sogenanntes Balkenband, verbinden, welches von den Jochpfählen gefafst und durch Schraubenbolzen mit denselben verbunden wird.

Obwohl durch vorsichtige Ausführung, insbesondere durch Stampfen der Dammschüttung, der Erddruck auf das Endjoch vermindert werden kann, so ist dasselbe doch noch durch starke Streben, welche sich gegen tief eingerammte Pfähle stemmen, abzustützen. Läfst die Beschaffenheit des Bodens ein Einrammen von Pfählen nicht zu, so werden die Jochständer in einen kreuzförmigen Schwellrost aus zwei Lagen rechtwinkelig untereinander verschraubter Rostbalken eingezapft und durch Streben von allen Seiten und, wenn nötig, auch in verschiedenen Höhen abgestützt.

Bei aufgesetzten Jochen von über 10 m Höhe läfst sich der Aufsatz in zwei Teilen herstellen, wovon der untere einen zweiten Untersatz, der obere den eigentlichen Jochaufsatz bildet, während beide mittels einiger durchgehenden Ständer zu einem ganzen vereinigt sind (Taf. I, Abb. 19, 21). Der untere, nach oben verjüngte Teil mufs, wenn er dem Eisstofse ausgesetzt ist, durch angenagelte Streichruten geschützt werden, während der obere Teil durch etwas verlängerte, mit steilgestellten Kopfbändern unterstützte Kapphölzer zur Verminderung der Stützweite von Fachwerkträgern dienen kann.

c) Die Geschofsjoche. Bei Höhen über 12 m, für welche durchgehende Pfähle nicht mehr mit Vorteil angewendet werden können, ist das Joch aus zwei oder mehr Geschossen zusammenzusetzen (Taf. I, Abb. 41), welche eine Höhe von je 7 bis 10 m erhalten. Dieselben erfordern wegen des gröfseren Hebelarms, welchen sie dem Winddrucke darbieten, nicht nur eine gute Verbindung mit dem Boden durch die eingerammten Pfähle des Unterjoches, sowie durch die Verankerung des Grundjoches mit dem Oberjoch, sondern auch der Geschosse unter sich durch je zwei übereinander geschraubte und durch Eisenbänder zusammengehaltene Balkenlagen. Zur Vermehrung der Standsicherheit trägt eine Auspackung des Grundjoches mit Steinen, sowie eine senkrecht zur Bahnachse hinreichend verbreiterte Grundlinie zum Zweck der Aufstellung doppelter, untereinander verdübelter Streben bei. Die Verbindung der Ständer und Streben in den einzelnen Geschossen wird wie bei einem Geschofs durch Zangen, Kreuze, Eisenbänder und Schraubenbolzen bewirkt. Um das Joch dem Seitendrucke der einseitig belasteten Brücke möglichst zu entziehen, ist die Auflagerfläche möglichst zu beschränken; ferner sind Kopfbänder, welche jenen Druck auf freie Stellen des Joches fortpflanzen würden, zu vermeiden.

2. Statische Berechnung der Joche. Bei Berechnung der nur aus eingerammten, unter sich verbundenen Pfählen konstruierten Joche sind, je nachdem sie einen aus zwei oder drei Trägern bestehenden Überbau aufnehmen, zwei- oder dreiteilige zu unterscheiden.

a) Die zweiteiligen Joche. Bezeichnet man den von einer Tragwand auf eine Hälfte des Joches ausgeübten, aus Eigengewicht und Verkehrsbelastung zusammengesetzten Druck mit Q und das Neigungsverhältnis der Jochpfähle mit m, so ist der parallel zur Achse der geneigten Jochpfähle ausgeübte Längsdruck

$$S = -Q\frac{\lambda_1}{\lambda} = -Q\sqrt{(1+m^2)}, \quad \ldots \quad 98.$$

während die an ihrem oberen Ende ausgeschiedenen, gleichen Horizontalkräfte

$$T = \pm Q \cdot m \quad \ldots \quad 99.$$

einen Druck auf die Querverspannung der Pfahlköpfe ausüben und sich gegenseitig aufheben. Für senkrechte Jochpfähle, welche meist mit Streben versehen werden (Abb. 74 u. 75), wird $m = 0$, also $S = -Q$ und $T = 0$.

Abb. 74.

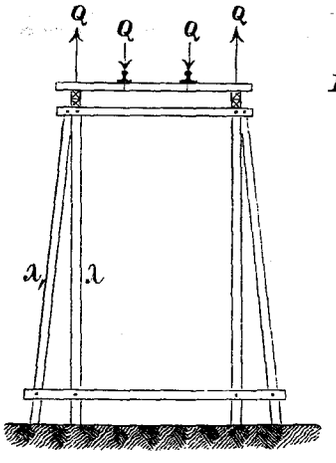


Abb. 75.

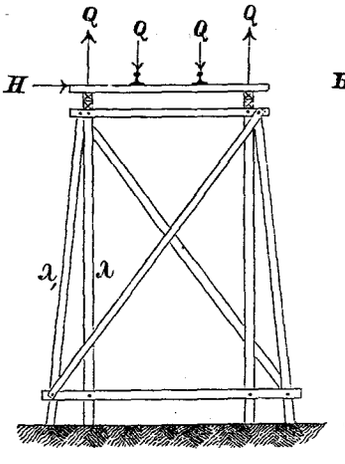
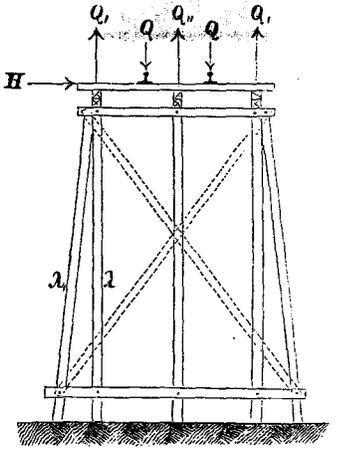


Abb. 76.



Sind die Jochpfähle fest in den Boden eingerammt, demnach als unten festgehalten anzusehen, so ergeben sich deren Abmessungen aus der Gleichung

$$S = c \cdot \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{EJ}{\lambda^2} \cdot n \quad \ldots \quad 100.$$

worin λ deren Länge, J das Trägheitsmoment eines Pfahles der aus n Pfählen bestehenden Hälfte eines Joches, E die Elastizitätsziffer des Pfahlholzes und c einen Sicherheitskoeffizienten, der zu $^1/_{10}$ angenommen werden kann, bezeichnet. Sind die Pfähle quadratisch mit der Seitenlänge h, so ist $J = \frac{h^4}{12}$, sind dieselben — wie in den meisten Fällen — rund mit dem Durchmesser d gelassen, $J = \frac{\pi}{64} d^4$ zu setzen. Hieraus findet man für einen der n Pfähle entweder die Quadratseite

$$h = 2{,}64 \sqrt[4]{\frac{S \cdot \lambda^2}{En}} \quad \ldots \quad 101.$$

oder den Durchmesser

$$d = 3{,}02 \sqrt[4]{\frac{S \cdot \lambda^2}{En}} \quad \ldots \quad 102.$$

Erhalten die Joche unten eine Breite h_1 und eine Höhe, bei welcher eine lotrechte Versteifung gegen den Winddruck H erforderlich wird, so ergibt sich, mit Bezug auf Abb. 75, die hierdurch erzeugte Spannung der geneigten Jochpfähle

$$X = -H \cdot \frac{\lambda_1}{h_1}, \quad \ldots \quad 103.$$

welche zu obiger Druckspannung S hinzukommt. Ferner ergibt sich die Spannung der Diagonalen des Windkreuzes mit der Länge d

$$Y = H \cdot \frac{d}{h_1} \quad \ldots \quad 104.$$

sowie der oberen und der unteren Querverbindung mit den Abständen l_1 und $l_1 + \varepsilon$ von dem Durchschnittspunkte der Jochstreben bezw.

$$W_o = -H \text{ und } W_u = -H \cdot \frac{l_1}{l_1 + \varepsilon} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 105.$$

Sind mehrere, übereinander angebrachte Windkreuze erforderlich, so wirken dieselben als Fachwerk und sind demgemäfs zu berechnen.

b) Dreiteilige Joche. Bezeichnen Q_s und Q_m die Drücke, welche von dem Überbau auf jede der beiden äufseren und auf den mittleren, meist senkrechten Teil des Joches ausgeübt werden, so ist mit Bezug auf Abb. 76 die hierdurch in den geneigten Jochpfählen entstehende Druckspannung

$$S_s = -Q_s \frac{\lambda_s}{\lambda} = -Q_s \sqrt{1 + m^2}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 106.$$

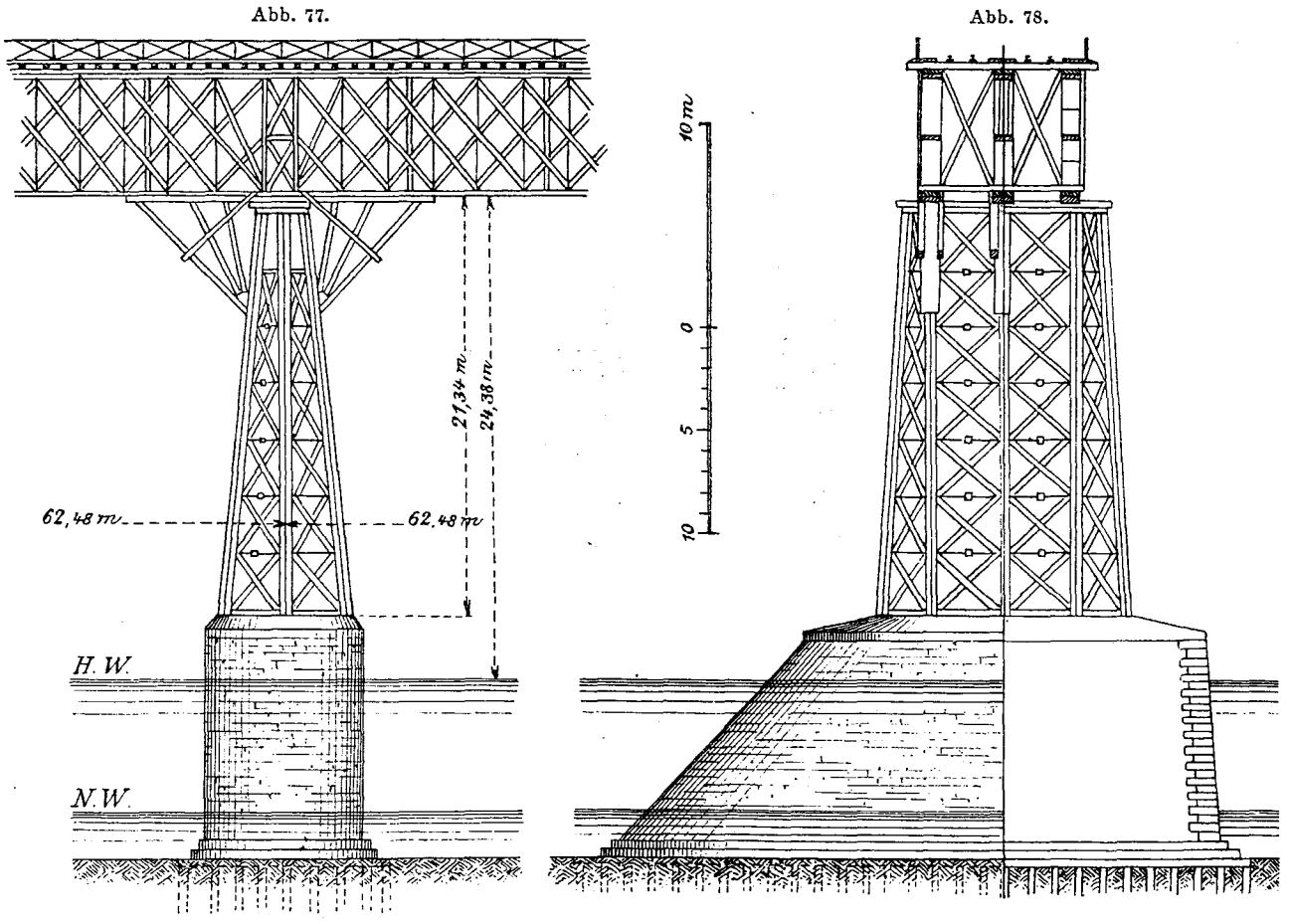
während der mittlere Jochteil den lotrechten Druck Q_m aufzunehmen hat. Für $m = 0$ wird $S_s = -Q_s$. Die Abmessungen h oder d der Jochpfähle ergeben sich dann, nach Einführung dieser Werte, aus Gl. 101 oder 102. Die in einer etwa erforderlichen Windversteifung eintretenden Spannungen sind wie im vorhergehenden Falle zu berechnen.

§ 11. Die Fachwerkpfeiler.

1. Anordnung und Konstruktion. Bei Talübergängen, deren Höhe 20 m überschreitet, und deren Grundfläche die dem stärksten Winddruck entsprechende Verbreiterung nicht erhalten kann, ist, zur Herstellung ihrer Standsicherheit, der untere Teil des Pfeilers entweder mit Steinen genügend zu belasten oder durch Ankerstangen mit dem Felsengrund und, wenn dieser fehlt, mit einem besonderen Steinunterbau zu verbinden. Zur Herstellung des hier aufruhenden Pfeilerkörpers erscheint ein Fachwerk mit der erforderlichen Zahl lotrechter und geneigter, aus je zwei bis vier einfachen Balken mit abwechselnden Stöfsen zusammengesetzter Säulen, welche untereinander durch stehende und liegende Kreuze, sowie durch eiserne Zugstangen verbunden werden, geeignet. Zwischen die einzelnen Ständerstücke sind alsdann, um ein Einpressen der Hirnenden und eine hiermit verbundene Senkung des Pfeilers zu vermeiden, gufseiserne Schuhe einzusetzen, welche die zu verbindenden Stücke auf zwei Seiten übergreifen. Die obersten Ständerstücke werden mit gufseisernen Unterlagplatten abgeschlossen, worauf die Kapphölzer der Pfeiler ruhen, welche die Unterlagschwellen der Fachwerkträger aufnehmen. Um den Seitendruck der einseitig belasteten Brücke auf den Pfeiler möglichst zu vermeiden, sind hierzu zwei starke eichene Schwellen von geringem Abstande zu verwenden. Die untersten Ständerstücke stehen in gufseisernen Schuhen, welche in den steinernen Sockel eingelassen sind, und werden aufsen mit kurzen Balkenstücken verdübelt und verbolzt, durch welche die Ankerstangen der Pfeiler hindurchgehen. Der von denselben auf die oberen Mauerschichten des steinernen Sockels ausgeübte Druck wird durch eichene Vorlageschwellen, in Verbindung mit eingelegten Bahnschienen, möglichst gleichmäfsig auf jene Mauerschichten verteilt. Die Kanäle, in welchen die Verankerung liegt, gehen parallel zur Brückenachse durch den Sockel hindurch und befördern, indem sie der Luft den Durchzug gestatten, die Trockenhaltung jener Schwellen. Zum Schutze verjüngter Fachwerkpfeiler gegen Regen erscheint eine Verschalung vorteilhaft, welche jedoch ebenfalls einen lebhaften Luftdurchzug gestatten mufs.

Statt langer, hoher Erddämme und in Ermangelung eines genügenden oder geeigneten Auftragmaterials bedienten sich zuerst die nordamerikanischen Ingenieure bei dem geringen Preise des Holzes und den hohen Arbeitslöhnen hölzerner Gerüstbrücken (*trestle works*) von oft meilenlanger Ausdehnung, ansehnlicher Höhe und einfacher Fachwerkkonstruktion.

Abb. 77 u. 78. *Hölzerne Fachwerkbrücke über den Msta in Rufsland.* M. 1 : 430.

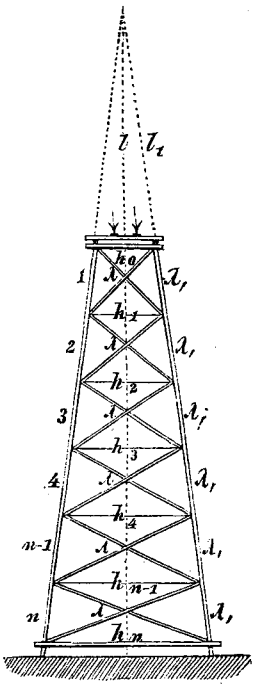


So erhielt der vom 14. Juli 1851 bis zum 14. August 1852 durch Seymour in der Buffalo und New York-City-Bahn erbaute Viadukt über den Genesseefluſs bei Portage 14 je 15,24 m von Mitte zu Mitte der Pfeiler weite Öffnungen und bis zu 57,4 m hohe, in je 5 Stockwerken aufgeführte hölzerne Pfeiler, deren Füſse auf je 4,57 m breiten und 9,14 m hohen Sandsteinsockeln ruhen. Nachbildungen dieser Holzpfeiler findet man besonders in Rufsland und England. So besafs unter den russischen Bauwerken dieser Art die Brücke über den Msta (Abb. 77 u. 78) 21,34 m hohe, auf 12,19 m hohen Steinsockeln ruhende Pfeiler, welche aus je 15 hölzernen Ständern bestanden; diese waren durch wagerechte eiserne Zugbänder und hölzerne Kreuzstreben verbunden. Unter den verwandten englischen Bauten ist der in der Cornish-Bahn erbaute St. Germans-Viadukt mit 14 hölzernen Pfeilern von 22,86 m gröfster Höhe zwischen den Trägern und dem höchsten Wasserstande hervorzuheben; dessen Pfeiler bestehen aus je vier, mit verwechselten Stöfsen zusammengesetzten und in dem Verhältnisse von $^1/_{15}$ geneigten Pfosten, welche in lotrechten Abständen von je 4,27 m durch hölzerne Horizontalbänder und Diagonalkreuze ausgesteift sind.

2. Statische Berechnung der Fachwerkpfeiler. Die Fachwerkpfeiler bilden in der Regel abgestumpfte Pyramiden mit rechteckigen wagerechten Schnitten, welche aus je vier durch Fachwerk versteiften Tragsäulen, hölzernen gedrückten Diagonalen und wagerechten eisernen Zugstangen bestehen (Abb. 79). Setzt man nun voraus, dafs der Überbau mit dem Pfeilerkopfe durch Kopfbänder nicht oder nur wenig verbunden sei, so läfst sich die statische Berechnung dieser Fachwerkpfeiler mit Berücksichtigung ihres Eigengewichtes und des Winddruckes bei niedrigen Pfeilern, deren Tragsäulen man einen überall

gleichen Querschnitt geben will, in der Art führen, dafs man das ganze Eigengewicht des Pfeilers an dessen Kopf angreifend denkt. Bei höheren Pfeilern, deren Tragsäulen man nicht überall gleichen Querschnitt geben will, kann man dagegen deren Eigengewicht in der Weise berücksichtigen, dafs man dasselbe von oben nach unten zunehmend, und zwar am Kopfe jedes einzelnen Geschosses wirkend, annimmt.

Abb. 79.



a) Statische Berechnung des Fachwerkpfeilers, wenn dessen Eigengewicht am Pfeilerkopfe wirkend angenommen wird.

Bezeichnet

e das Eigengewicht
v das Verkehrsgewicht } der Längeneinheit,
l die Spannweite jeder der beiden, an den Pfeiler angrenzenden Brückenöffnungen

so ist das gesamte Gewicht des Überbaues

$$U = (e + v)\, l \quad \ldots \quad 107.$$

Bedeutet ferner G das mittlere Gewicht eines Pfeilergeschosses und n die Zahl dieser Geschosse, so ist der auf den Kopf einer Pfeilerwand wirkende lotrechte Druck

$$V_0 = \frac{U}{2} + \frac{n}{2} G = \frac{l}{2} (e + v) + \frac{n}{2} G \quad \ldots \quad 108.$$

worin e und v, je nach der Konstruktion und Belastungsweise, nach den Angaben in § 2 zu bestimmen sind, während das Gewicht G eines Pfeilergeschosses aus den Eigengewichten ausgeführter hölzerner Pfeiler zu ermitteln und bei der Höhe H der Pfeiler $n = \frac{H}{5}$ bis $n = \frac{H}{4}$ anzunehmen ist.

Wirkt der Wind mit w kg auf die Flächeneinheit und wird angenommen, dafs die getroffenen Flächen erhalten werden, wenn man die Trägerwandfläche von der Höhe h und der Länge l mit α multipliziert und die Pfeilerwandfläche von der oberen Breite b_0 und der unteren Breite b_n mit β multipliziert, so ist der Winddruck

a) auf eine Tragwand $\alpha\, l\, h\, w$,

b) auf einen überfahrenden Zug von der Höhe h_1 und der Länge l einer Öffnung $h_1\, l\, w$, mithin

$$\alpha\, h\, l\, w + h_1\, l\, w = H_1,$$

c) auf die zur Brückenachse parallele Pfeilerwand von der Höhe k

$$\beta \cdot \frac{b_0 + b_n}{2} \cdot k\, w = H_2.$$

Wird der Druck H_2 zur Hälfte am Kopfe, zur Hälfte am Fufse des Pfeilers wirkend angenommen, so beträgt der ganze Winddruck auf den Kopf jener Pfeilerwand

$$\frac{H}{2} = \left(H_1 + \frac{H_2}{2}\right) \quad \ldots \quad 109.$$

Schneiden sich nun die Ecksäulen des Fachwerkpfeilers in einem lotrechten Abstande l_1 über dem Pfeilerkopf und werden mit

λ die Höhen der als gleich hoch vorausgesetzten Geschosse,

λ_1 die Längen der lotrechten Projektion der Pfeilersäulen innerhalb eines Geschosses,

$b_0\ b_1 \ldots b_m \ldots b_n$ bezw. die Länge der aufeinanderfolgenden wagerechten Anker

bezeichnet, so ist unter der Voraussetzung, dafs die Diagonalen gedrückt und die Anker gezogen werden, mit Bezug auf Abb. 80 in dem beliebigen $m$ten Geschosse die

Abb. 80.

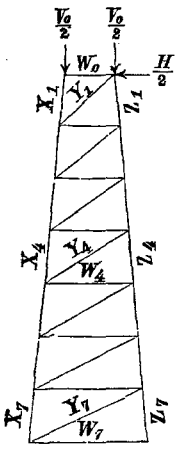
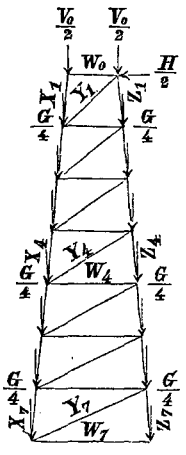


Abb. 81.



gröfste Druckspannung der Pfeilersäulen:

$$X_m = -\frac{\lambda_1}{4\lambda}(U + n\,G) - \frac{(m-1)\lambda}{2\,b_{m-1}}\,.H \quad . \quad 110.$$

die kleinste Druckspannung der Pfeilersäulen:

$$Z_m = -\frac{\lambda_1}{4\lambda}(U + n\,G) + \frac{m\,\lambda_1}{2\,b_m}\,.H, \quad . \quad . \quad 111.$$

die gröfste Druckspannung in den Diagonalen von der Länge d_m

$$Y_m = -\frac{l_1\,d_m}{2\,[l_1 + (m-1)\lambda]\,b_m}\,.H, \quad . \quad . \quad . \quad 112.$$

die gröfste Zugspannung in den wagerechten Ankern

$$W_m = \frac{l_1}{2\,(l_1 + m\,\lambda)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 113.$$

Aus Gleichung 110 und 111 folgt, dafs in den Pfeilersäulen die gröfste Druckspannung durch Zusammenwirken der Belastung und des Winddrucks, die kleinste Druckspannung durch Entgegenwirken beider erzeugt wird und letztere beim Überwiegen des positiven Gliedes sogar in Zugspannung übergehen würde, was bei der Verankerung der Tragsäulen mit dem Sockel der Pfeiler zu berücksichtigen ist. Beide Gleichungen zeigen, dafs die Inanspruchnahme der Tragsäulen durch die Belastung stets gleich, diejenige durch den Winddruck veränderlich und zwar vom Kopfe des Pfeilers ab nach dessen Fufs hin zunehmend ist und dafs sie mit der wachsenden Breite der Pfeilerwände abnimmt. Die Gleichungen 112 und 113 zeigen, dafs die Spannung sowohl der Diagonalen als auch der wagerechten Zuganker lediglich vom Winddruck abhängt und dafs jede derselben vom Kopfe des Pfeilers an nach dessen Fufs hin abnimmt.

b) Statische Berechnung des Fachwerkpfeilers, wenn dessen Eigengewicht auf die Köpfe der einzelnen Geschosse verteilt angenommen wird. Behält man alle früheren Bezeichnungen bei und nimmt die Diagonalen wieder gedrückt, die wagerechten Anker gezogen an, so ergeben sich, mit Bezug auf Abb. 81, für das beliebige $m$te Geschofs die gröfsten Druckspannungen in den Pfeilersäulen:

$$X_m = -\frac{\lambda_1}{4\lambda}(U + m\,G) - \frac{(m-1)\lambda_1}{2\,b_{m-1}}\,.H, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 114.$$

die kleinsten Druckspannungen in den Pfeilersäulen:

$$Z_m = -\frac{\lambda_1}{4l}(U + m\,G) + \frac{m\,\lambda_1}{2\,b_m}\,.H, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 115.$$

die gröfsten Druckspannungen in den Diagonalen:

$$Y_m = -\frac{l_1\,d_m}{2\,[l_1 + (m-1)\lambda]\,b_m}\,.H, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 116.$$

die gröfsten Zugspannungen in den Horizontalankern:

$$W_m = \frac{1}{l_1 + m\,\lambda}\left(\frac{l_1}{2}H - \frac{b_m}{2}G\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 117.$$

Gleichungen, aus welchen sich ähnliche Folgerungen wie früher ergeben.

Alle vorstehend zusammengestellten Spannungen wurden unter der Voraussetzung gefunden, dafs die Pfeilerwand lotrecht stehe, während sie tatsächlich eine Neigung besitzt, die durch das Verhältnis $\frac{\lambda_{11}}{\lambda}$ der geneigten zur lotrechten Höhe eines Geschosses dargestellt sein möge. Dieses Verhältnis ist gegeben, so dafs das Verhältnis $\frac{\lambda_1}{\lambda}$ bestimmt

ist, da der Pfeiler pyramidenförmig angenommen wurde, die verlängerten Achsen der Tragsäulen desselben sich also in einem Punkte schneiden. Da sich nun bei einer Neigung der Pfeilerwand nur deren Längenmafse, nicht aber deren Breitenmafse ändern, so erleiden nur die Spannungen X und Z der Tragsäulen und Y der Diagonalen eine geringe Veränderung, wegen der Neigung der Pfeilerwand, während die Spannungen W in den wagerechten Ankern dieselben bleiben. Da sich die beiden ersteren in dem Verhältnis $\frac{\lambda_{''}}{\lambda}$ vergrölsern, so erhält man aus den früher berechneten Spannungen X_m und Z_m die verbesserten Spannungen der Tragsäule

$$X'_m = \frac{\lambda_{''}}{\lambda} \cdot X_m \text{ und } Z'_m = \frac{\lambda_{''}}{\lambda} \cdot Z_m , \quad \ldots\ldots\ldots 118.$$

also durch Multiplikation der gefundenen Spannungen mit dem Festwert $\frac{\lambda_{''}}{\lambda}$.

Die Spannungen Y_m der Diagonalen, welche der Länge dieser letzteren proportional sind, vergrölsern sich in der geneigten Pfeilerwand etwas. Wächst ihre Länge von d_m auf d'_m, so ergeben sich die verbesserten Spannungen der Diagonalen

$$Y'_m = \frac{d'_m}{d_m} \cdot Y_m , \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 119.$$

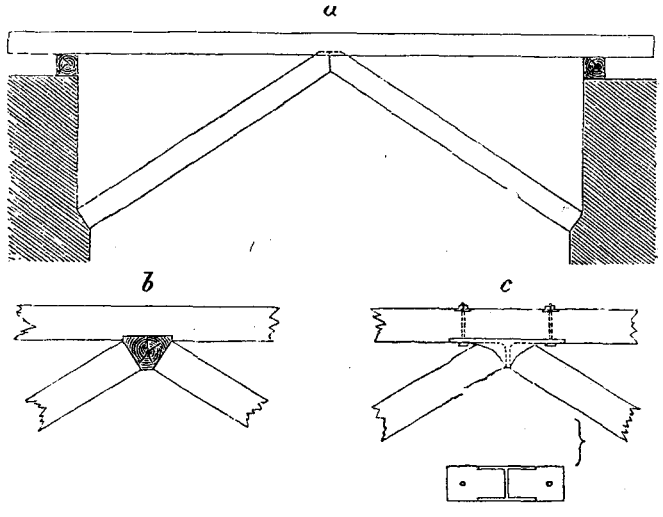
worin $\frac{d'_m}{d_m}$ veränderlich ist.

Die so verbesserten Spannungszahlen werden schliefslich in der Weise zusammengestellt, dafs die Stärken sämtlicher Pfeilersäulen nach den gröfsten, in ihnen entwickelten Druckspannungen X_m, die Stärken sämtlicher Paare von Diagonalen für eine gleichartige Druckspannung Y bemessen werden.[28])

§ 12. Die Sprengwerkbrücken. Bei hinreichender Konstruktionshöhe und mäfsigen Spannweiten läfst sich die Brückenbahn von unten und zwar durch gerade Streben (ohne Spannriegel oder mit solchen) unterstützen und so anordnen, dafs sie ihren Sprengwerkträgern zugleich Schutz gegen Regen gewährt, wodurch deren Dauer wesentlich verlängert wird. Gewöhnlich nehmen die in Entfernungen von je 1,5 bis 2 m von Mitte zu Mitte angeordneten Tragrippen starke Querschwellen auf, welche bei Eisenbahnbrücken die Fahrschienen ohne oder mit Langschwellen, bei Strafsenbrücken die Strafsenträger mit der Brückendecke unterstützen.

1. Die einfachen Sprengwerkbrücken. Die Tragrippen der einfachen Sprengwerkbrücken bestehen nur aus den durch je zwei Streben unterstützten Balken, welche gewöhnlich mittels einfacher oder doppelter eichener Schwellen auf dem Mauerwerke oder mittels starker Holme auf hölzernen Jochen ruhen. Die Verbindung der Streben mit dem Balken erfolgt entweder durch stumpfen Stofs (Abb. 82 *a*), oder vermittels eines Unterzuges, in welchen die Streben ebenfalls mittels kurzer Zapfen eingreifen (Abb. 82 *b*),

Abb. 82.



[28]) Die graphische Berechnung der hölzernen Fachwerkpfeiler für beide obige Fälle s. Heinzerling, Deutsche Bauz. 1876, S. 294 ff. und Brücken der Gegenwart, Abt. III, zweite Auflage, S. 32 ff.

oder mittels eines gufseisernen Schuhes (Abb. 82*c*), welcher durch Bolzen mit dem Balken verbunden und mit Steg und Wangenstücken versehen ist, um die Köpfe der Streben gegen ein Ineinanderpressen und ein seitliches Ausweichen zu schützen.

Abb. 83. Abb. 84. Abb. 85. Abb. 86.

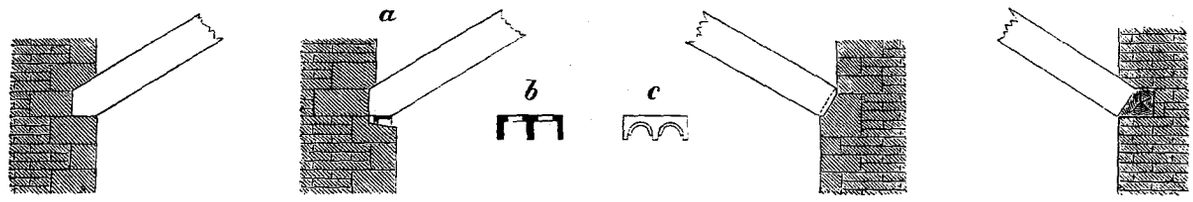
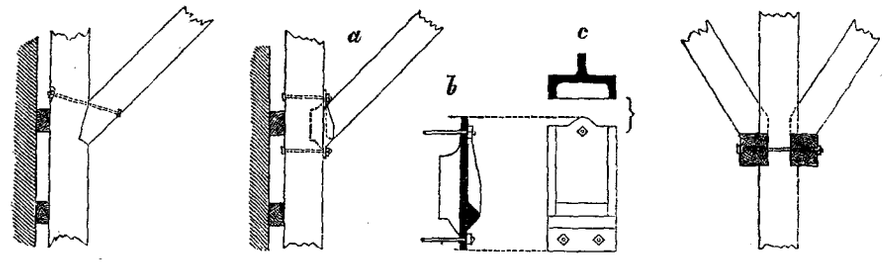


Abb. 87. Abb. 88. Abb. 89.

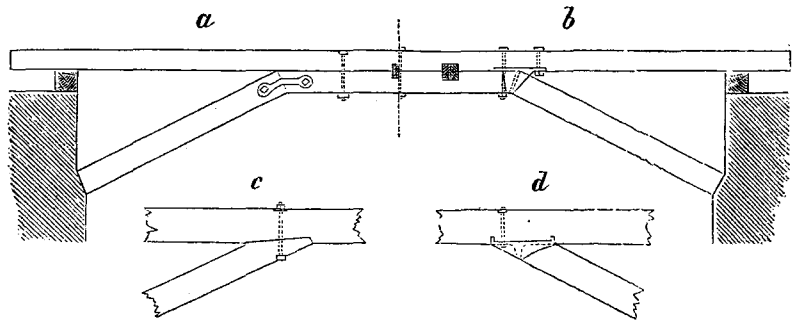


Bei steinernen Pfeilern werden die Streben entweder direkt in das Mauerwerk eingesetzt (Abb. 83), wobei indessen infolge der Feuchtigkeit des Steines die Streben unten leicht anfaulen, oder auf einen gufseisernen Schuh gestellt (Abb. 84), welcher dem Wasser den Abflufs und der Luft den Zutritt gestattet, also die Trockenheit und Dauer der Strebe befördert. Besteht das Mauerwerk aus Quadern oder wird es mit Quadern verblendet, so läfst man wohl den Fufs der Strebe, welchem man zum Schutze gegen Nässe eine Platte aus starkem Zink oder verzinktem Eisenblech unterlegt, in einen etwas gröfseren Quader ein (Abb. 85), besteht dagegen das Mauerwerk aus kleinen Bruchsteinen oder aus Ziegeln, so legt man eine eichene Schwelle ein, in welche man die Strebe einzapft und die zugleich den Druck der Strebe auf eine gröfsere Mauerfläche verteilt (Abb. 86). Stemmen sich die Streben gegen hölzerne Pfosten, so werden sie mit den letzteren entweder durch Versatzungen und Schrauben (Abb. 87) oder durch gufseiserne Schuhe (Abb. 88 *a*, *b*, *c*), verbunden. Bei Zwischenjochen zapft man sie in der Regel in die Pfosten ein und unterstützt sie durch zwei Gurthölzer, welche man in die Pfosten einläfst und durch Schrauben verbindet (Abb. 89).

2. Doppelte Sprengwerkbrücken. Die Tragrippen der doppelten Sprengwerkbrücken, welche aus Horizontalbalken, Streben und Spannriegeln bestehen, von welchen die beiden ersteren durch doppelte, hängende Zangen zu verbinden sind, erhalten, abgesehen von den Querschwellen und dem Bohlenbelag der Brückenbahn, ihren Querverband bei kleineren Spannweiten durch Balken, welche zwischen die Streben und Spannriegel eingeschaltet (Taf. III, Abb. 8 bis 14), bei gröfseren Spannweiten durch Querzangen, welche mit den Streben und hängenden Zangen überblattet werden (Taf. III, Abb. 15 bis 22 und 23 bis 36). Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird entweder direkt, teils mittels Versatzung und Schrauben (Abb. 90*c*), teils mittels gufseiserner Schuhe (Abb. 90*d*), oder — um den Balken nicht so sehr zu verschwächen — indirekt bewirkt, indem man zwischen die Strebenköpfe einen Spannriegel (Abb. 90*a* und *b*) einschaltet. Die Streben werden mit diesem Spannriegel entweder durch stumpfen

Stofs nebst schmiedeisernen Winkelbändern (Abb. 90 *a*), oder mittels eines Unterzuges, oder mittels eines gufseisernen Schuhes (Abb. 90 *b*) verbunden. In den Unterzug, welcher an den Balken geschraubt wird, werden Streben und Spannriegel mittels kurzer Zapfen eingesetzt, während der gufseiserne Schuh an den Balken und Spannriegel geschraubt wird, im übrigen aber ähnlich wie der beim einfachen Sprengwerk beschriebene angeordnet ist. Damit Balken und Spannriegel möglichst zusammenwirken, werden beide mittels Dübeln und Schrauben verbunden. Bei zeitweiligen Brücken ist die Verbindung der Streben mit dem Spannriegel und den Balken am einfachsten mittels Zapfen und bezw. schrägem, gebrochenen Stofse und einfacher oder doppelter Versatzung, bei endgiltigen Brücken dagegen vorteilhaft mittels eiserner Schuhe, welche an die wagerechten Konstruktionsteile angeschraubt werden, zu bewirken. Zur Erhöhung ihrer Festigkeit werden alsdann sowohl ihre Spannriegel, als auch die unter ihre Balken geschobenen Sattelhölzer mit den Balken in der früher beschriebenen Weise verdübelt und verschraubt. Diese Sattelhölzer erhalten entweder eine oder zwei eichene Mauerschwellen oder gufseiserne Platten zur Unterlage, welche in beiden Fällen möglichst frei und luftig anzuordnen sind.

Abb. 90.



Die Verbindung der Strebenfüfse mit dem Mauerwerk der Pfeiler oder mit den Pfosten der Joche kann der beim einfachen Sprengwerk besprochenen ähnlich angeordnet werden. Bei einstweiligen Brücken mit hölzernen End- und Zwischenjochen kommen am einfachsten bezw. die in Abb. 87 u. 89 dargestellten Verbindungen in Anwendung, während man bei endgiltigen Brücken gufseiserne Schuhe wählt (Abb. 88). Auch bei Anwendung von steinernen End- und Zwischenpfeilern gibt man den gufseisernen Schuhen (Abb. 84) den Vorzug vor den in Abb. 83, 85 u. 86 dargestellten Verbindungen der Strebenfüfse mit dem Mauerwerk. Beim Vorhandensein mehrerer Streben, wobei sich die Verbindung in Abb. 84 nicht mehr anwenden läfst, gibt man dem gufseisernen Schuh besser die auf Taf. III, Abb. 33 bis 35 dargestellte geneigte Lage und kastenartige Form und beachtet, dafs der innere Boden desselben in der angegebenen Weise kanneliert wird, um dem eingedrungenen Wasser den Ablauf zu gestatten. Zu diesem Zweck müssen dann die zwischen den einzelnen Strebenfüfsen, um deren Ausweichen zu verhindern, eingeschalteten Querrippen mit Öffnungen versehen werden, während die Querrippen oben voll sind und unten ganz wegbleiben können. Um den Druck einer Tragrippe auf eine möglichst grofse Fläche des Mauerwerks zu verteilen, ist sowohl der gufseiserne Schuh etwas über den Fufs der Streben, welchen er zugleich umschliefst, zu verbreitern, als auch der Stützquader entsprechend lang und breit zu wählen. In der Verbreiterung der Fufsplatte bringt man die Öffnungen an, welche zum Einlassen der Steinschrauben dienen, womit man den Strebenschuh an die Widerlagsquader befestigt. Zwischen die beiden letzteren bringt man behufs eines innigeren Anschlusses eine etwa 1 cm starke Lage Zement oder eine 2 bis 3 mm starke Bleiplatte.

Die Zwischenpfeiler werden bisweilen nicht bis unter die Mauerschwellen der Tragbalken aufgeführt, sondern etwas niedriger gehalten und nur mit zwei Mauerschwellen belegt, welche durch gufseiserne Schuhe verbunden sind. In diese Schuhe

werden behufs Unterstützung der Tragbalken die Fufsenden sowohl kurzer senkrechter, mit Holmen versehener Pfosten, als auch der entsprechenden Kopfbänder eingelassen.

3. Statische Berechnung der Sprengwerkbrücken. Die statische Berechnung der Sprengwerkbrücken gestaltet sich verschieden, je nachdem die Belastung derselben symmetrisch oder unsymmetrisch angenommen wird; im letzteren Falle können in den einzelnen Teilen des Sprengwerks verhältnismäfsig gröfsere Spannungen entstehen, als im ersteren Falle.

a) Statische Berechnung symmetrisch belasteter Sprengwerke. Die Tragrippen der Sprengwerkträger mit geraden Hölzern erhalten bei Strafsenbrücken einen gegenseitigen Abstand von 2 bis 2,5 m; bei Eisenbahnbrücken einen solchen von 1,5 bis 2 m. Strafsenbrücken von 5 bis 7,5 m Breite und Eisenbahnbrücken von 4 bis 7,5 m Breite erhalten also je 3 bis je 5 Tragrippen. Nimmt man die Entfernung der Knotenpunkte zu 3 bis 5 m an, so erhalten sie bei Brücken von

6 bis 10 m Spannweite 1 Paar Streben,
10 „ 20 m „ 1 bis 2 Paar Streben,
20 „ 30 m „ 2 bis 3 Paar Streben,

wobei man zwischen die Köpfe des mittleren Strebenpaares gewöhnlich Spannriegel einschaltet. Findet die gröfste symmetrische Belastung der Brücke statt, so kann man dieselbe von der Hälfte jedes angrenzenden Feldes auf die einzelnen Knotenpunkte übertragen und hier nach den beiden Richtungen der Streben und Spannriegel zerlegt denken.

Bezeichnet Q die Gesamtbelastung einer Brückenöffnung, n die Zahl der untereinander gleich weit entfernten Tragrippen, so ist die Gesamtbelastung einer mittleren Tragrippe

$$P = \frac{Q}{n-1}, \quad \ldots \quad 120.$$

während die Stirnrippe meist nur die Hälfte dieser Belastung zu tragen hat.

Besitzt die Tragrippe eine Länge l und n Knotenpunkte mit den Abständen $\lambda_1 \lambda_2$ voneinander (Abb. 91), so ist die Gesamtbelastung des beliebigen $m$ten Knotenpunktes

Abb. 91.

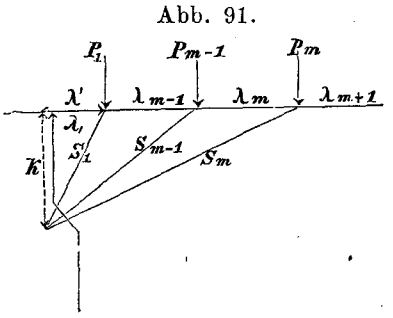
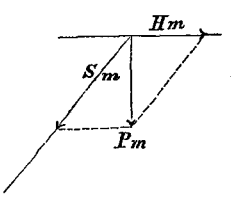


Abb. 92.



$$P_m = \frac{\lambda_m + \lambda_{m+1}}{2l} \cdot P \quad \ldots \quad 121.$$

und des Auflagers

$$P_0 = \frac{\lambda_1}{2l} \cdot P \quad \ldots \quad 122.$$

Bezeichnet λ' den wagerechten Abstand des Schnittpunktes der Strebenachsen von einer Lotrechten durch den Kopf der ersten Strebe und k den Abstand dieses Schnittpunktes von der Achse des Spannriegels, so ist, mit Bezug auf Abb. 92, die Druckspannung der beliebigen $m$ten Strebe:

$$S_m = P_m \frac{\sqrt{(\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots \lambda_m)^2 + k^2}}{k} \quad \ldots \quad 123.$$

und die derselben entsprechende, wagerechte Seitenkraft

$$H_m = P_m \cdot \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots \lambda_m}{k} \quad \ldots \quad 124.$$

Da diese wagerechten Drücke sämtlich von dem Auflager ab nach der Mitte hin wirken, so erhält man im $m$ten Knotenpunkte den gesamten Druck

$$H = H_1 + H_2 + \ldots H_m \quad \ldots \quad 125.$$

Hölzerne Brücken.

Abb. 1. Querschnitt.

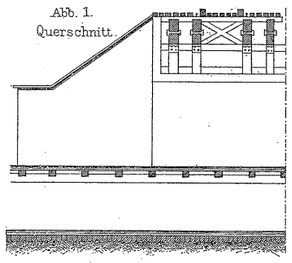


Abb. 2. Längenschnitt. Abb 3. Seitenansicht.

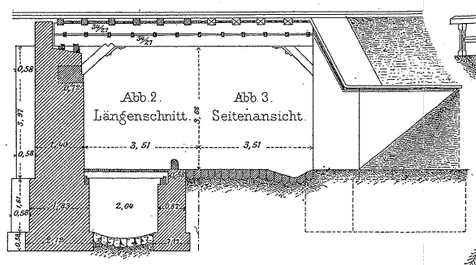


Abb. 1 - 5.
Bach- und Wegebrücke
bei Lohnde.
(Bahn Hannover-Minden).
M. 1:150

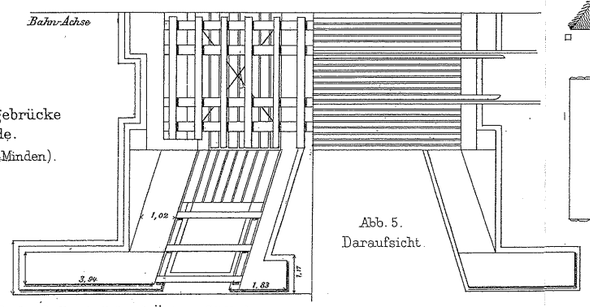


Abb. 4. Grundriss.

Abb. 5. Daraufsicht.

Abb. 6-9. Wegebrücke bei Varel. (Bahn Heppens-Oldenburg) M. 1:160.

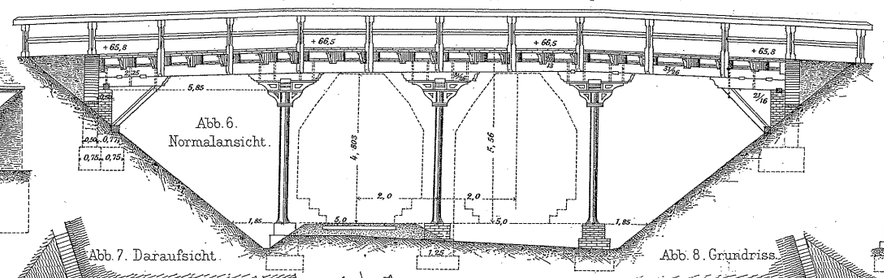


Abb. 6. Normalansicht.

Abb. 7. Daraufsicht.

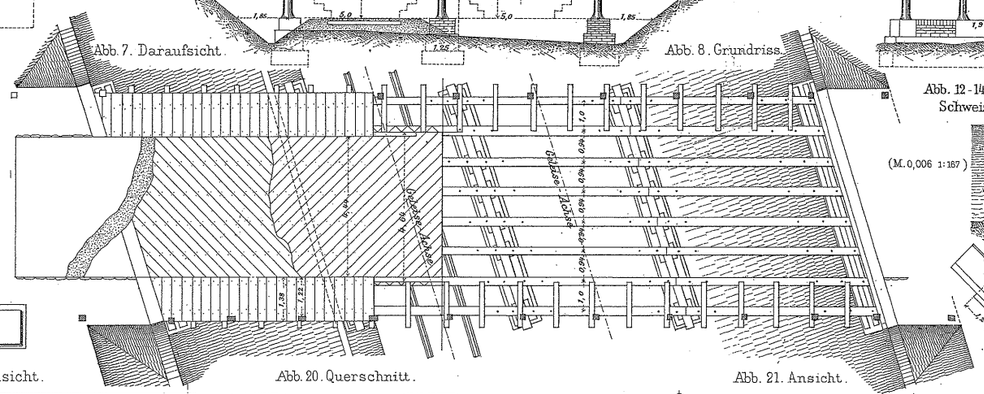


Abb. 8. Grundriss.

Abb. 9. Mitteljoch.

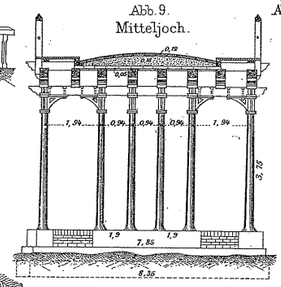


Abb. 10 u. 11. Wegebrücke der Schweizerischen Eisenbahnen.
M. 1:180.

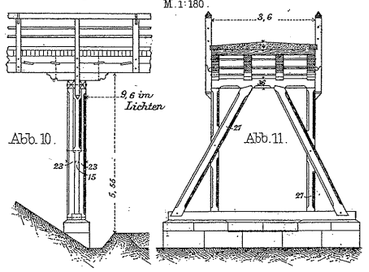


Abb. 10.

Abb. 11.

Abb. 12-14. Wegebrücke der Schweizer Eisenbahnen.
(M. 0,006 1:167)

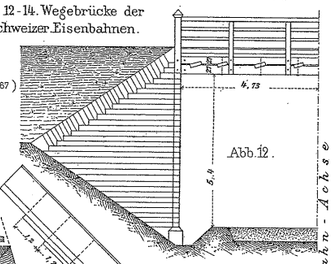


Abb. 12.

Abb. 14.

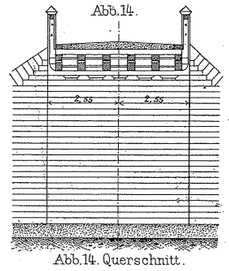
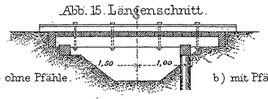


Abb. 14. Querschnitt.

Abb. 15, 16. Einfache Balkenbrücke d. Österr. Südbahn.

Abb. 15. Längenschnitt.



a.) ohne Pfähle. b.) mit Pfählen.

Abb. 16. Querschnitt.

a.) ohne Pfähle. b.) mit Pfählen.

Abb. 17, 18. Einfache Balkenbrücke d. Österr. Südbahn.

Abb. 17. Längenschnitt.

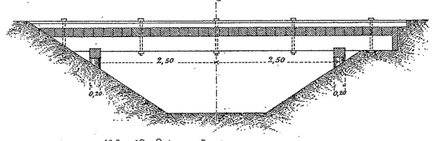


Abb. 18. Querschnitt.

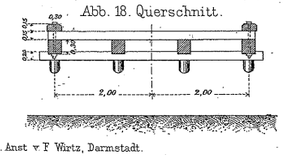


Abb. 19. Ansicht.

Abb. 20. Querschnitt.

Abb. 19, 20. Wegebrücke.
(Bahn Deutz-Giessen).
M. 1:200.

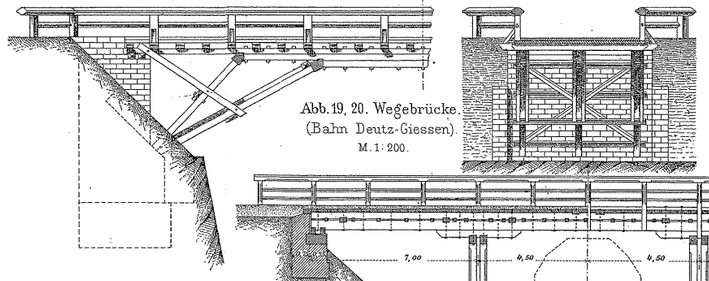


Abb. 21. Ansicht.

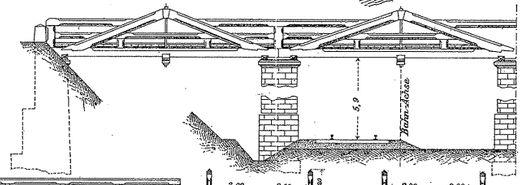


Abb. 13.

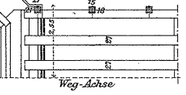


Abb. 21 u. 22. Wegebrücke.
(Bahn Deutz-Giessen).
M. 1:180.

Abb. 22. Querschnitt.

Abb. 23.
Hannoversche Chausseebrücke.
M. 1:150.

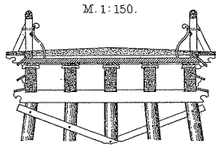


Abb. 24-31. Verdübelte Balkenbrücke der Österr. Südbahn.

Abb. 24. Längenschnitt.

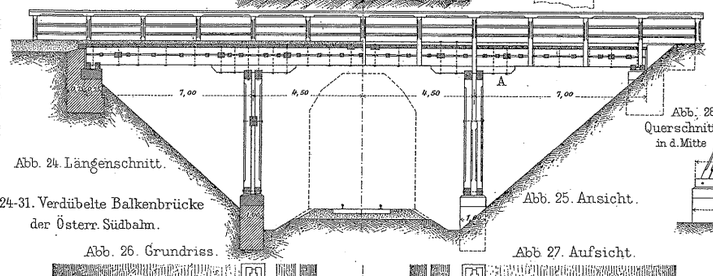


Abb. 25. Ansicht.

Abb. 26. Grundriss.

Abb. 27. Aufsicht.

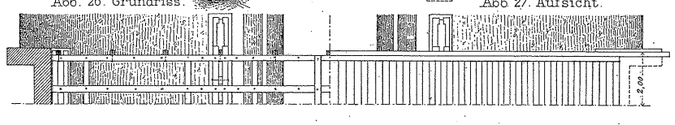


Abb. 28. Querschnitt in d. Mitte

Abb. 29. Querschnitt am Auflager.

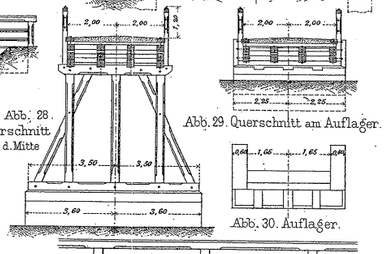


Abb. 30. Auflager.

Abb. 31. Einzelteil bei A (Abb. 25) 1:100.

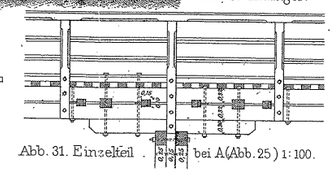


Abb. 32-34. Doppelte Hängwerkbrücke. M. 1:170.

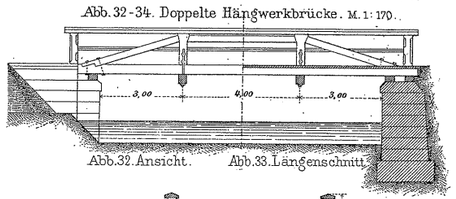
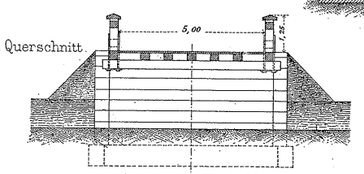


Abb. 32. Ansicht.

Abb. 33. Längenschnitt.

Abb. 34. Querschnitt



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

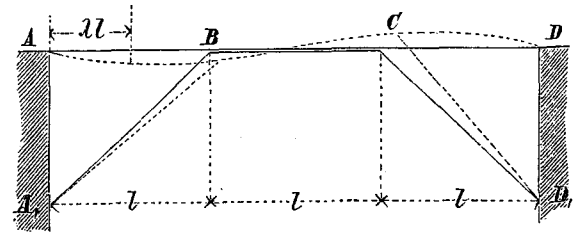
Die Streben, Tramen und Spannriegel werden auf Ausbiegen (Knicken) beansprucht, daher ist, wenn J das Trägheitsmoment ihres Querschnittes, λ deren freie Länge und E die Elastizitätsziffer des angewendeten Baustoffes bezeichnet, deren zulässige Stabkraft:

$$V_m = N \,.\, m \,.\, \frac{EJ}{l^2}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 126.$$

worin $N = {}^1/_{10}$ den Sicherheitskoeffizienten für Holz und m einen von der Befestigungsweise des Balkenstückes abhängigen Festwert bezeichnet, welcher bei Festhaltung eines Endes, drehbarer Befestigung beider Enden und Festhaltung beider Enden bezw. $\frac{\pi^2}{4}$, π^2 und $4\,\pi^2$ zu setzen ist.

b) Statische Berechnung unsymmetrisch belasteter Sprengwerke. Werden die Abstände der End- und Zwischenstützpunkte eines Sprengwerkes einander gleich angenommen und mit l bezeichnet, so ist annähernd, nach Fränkel[29]), bei einer in der Entfernung λl vom linken Stützpunkt A wirkenden Belastung P des ersten Feldes (Abb. 93) der lotrechte Zwischendruck

Abb. 93.



$$B = \frac{\lambda\,(6 - \lambda^2)}{10} \,.\, P = C \quad \ldots \quad 127.$$

der lotrechte Gegendruck der linken Stütze

$$A = (1 - 0{,}9333\,\lambda + 0{,}1\,\lambda^3)\,P, \quad \ldots \quad 128.$$

der rechten Stütze

$$D = (0{,}1\,\lambda^2 - 0{,}267)\,\lambda\,P \quad \ldots \quad 129.$$

Befindet sich die Last P in dem Mittelfeld in einem Abstande $\mu\,l$ links von der Mitte, so ergibt sich der lotrechte Zwischendruck

$$B = \frac{1}{40}\,(23 - 12\,\mu^2) = C, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 130.$$

der lotrechte Gegendruck der linken Stütze

$$A = (0{,}3\,\mu^2 + 0{,}333\,\mu - 0{,}075)\,P, \quad \ldots \ldots \quad 131.$$

der rechten Stütze $\quad D = -\,(0{,}075 + 0{,}333\,\mu - 0{,}3\,\mu^2)\,P \quad \ldots \ldots \quad 132.$

Befindet sich endlich die Last P in einem Abstande $\nu\,l$ von D, so ergibt sich wie im ersten Falle der lotrechte Zwischendruck

$$B = \frac{\nu\,(6 - \nu^2)}{10} \,.\, P = C \quad \ldots \ldots \ldots \quad 133.$$

und durch Vertauschung der lotrechte Gegendruck der linken Stütze

$$A = (0{,}1\,\nu^3 - 0{,}267)\,\nu\,P, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 134.$$

der rechten Stütze $\quad D = (1 - 0{,}933\,\nu + 0{,}1\,\nu^3)\,P \quad \ldots \ldots \ldots \quad 135.$

Macht man den Streckbaum durchgehend (kontinuierlich) und gibt demselben einen überall gleichen Querschnitt, so ist der letztere aus dem durch die ungünstigste Belastung hervorgerufenen Biegungsmomente zu bestimmen. Jede auf der linken Hälfte des Streckbaumes befindliche Last ruft in D einen negativen Stützendruck, also in C ein negatives Biegungsmoment hervor. Hier wird also das gröfste negative Biegungsmoment stattfinden. Das gröfste positive Biegungsmoment wird in dem unter der Last befindlichen Querschnitte entwickelt und zwar ist dasselbe nach Abb. 94 und Gl. 128

$$^aM = A \,.\, \lambda l = (1 - 0{,}933\,\lambda + 0{,}1\,\lambda^3)\,\lambda \,.\, Pl \quad \ldots \ldots \quad 136.$$

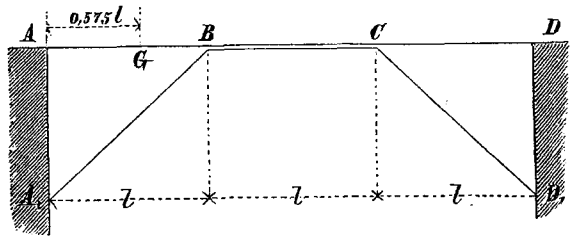
---

[29]) Vergl. dessen Theorie des einfachen Sprengwerks. Zivilingenieur Bd. XXII, Heft 1, ferner Bukowsky, Berechnung einfacher und doppelter Spreng- und Hängewerke für Brücken. Mitteil. d. Arch.- u. Ing.-Ver. für Böhmen 1879, S. 42.

und erreicht für $\lambda l = 0{,}575\, l$ sein Maximum. Nimmt man an, dafs auch unter einer Gruppe von Einzellasten die beiden bezeichneten Querschnitte die gefährlichen sind, so lassen sich die gröfsten positiven und negativen Biegungsmomente für die drei Felder, wie folgt, bestimmen.

Bestimmung des gröfsten positiven Biegungsmomentes. Für das Biegungsmoment des in dem ersten Felde, und zwar in dem eben erwähnten Abstande $A\,G = 0{,}575\, l$ von der linken Stütze, befindlichen Querschnittes (Abb. 94) ergibt sich:

Abb. 94.



a) wenn die Einzellast P zwischen A und G steht:

$$^{a}M = (0{,}464 + 0{,}058\lambda^2)\,\lambda \,.\, P\,l, \quad . \quad 137.$$

b) wenn die Einzellast P zwischen G und B steht:

$$^{a}M = (0{,}575 - 0{,}536\lambda + 0{,}058\lambda^3)\,P\,l \quad 138.$$

Befindet sich die Last in dem Mittelfelde $B\,C$ in einem Abstande $\mu\, l$ links oder rechts von dessen Mitte, so ist

$$^{a}M = (0{,}173\ \mu^2 + 0{,}192\ \mu - 0{,}043)\ P\,l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 139.$$

und, wenn dieselbe in dem letzten Felde $C\,D$ und zwar in dem Abstande $\nu\, l$ von dem rechten Stützpunkte D steht,

$$^{a}M = (0{,}058\,.\,\nu^2 - 0{,}154)\,\nu\,.\,P\,l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 140.$$

Berechnet man ^{a}M für verschiedene Werte von λ, μ und ν, so findet man, dafs die Belastungsscheide bei $\mu = +\,0{,}2$ liegt. Hätte man es daher nicht mit Einzellasten, sondern mit einer gleichförmig verteilten Belastung k der Längeneinheit zu tun, so müfste dieselbe, um das gröfste positive Moment zu erzeugen, über die erste und zweite Öffnung bis zu einem links und in einem Abstande $0{,}2\, l$ von der Mitte gelegenen Punkte verbreitet sein. Die hierbei entstehenden Zwischendrücke ergeben sich aus

$$B = 0{,}437\ k\,l = C, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 141.$$

während der linke Stützendruck $A = 0{,}581\ k\ l$ ist. Hieraus erhält man dann das gröfste positive Biegungsmoment

$$^{a}M = 0{,}169\,.\,l^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 142.$$

Bestimmung des gröfsten negativen Biegungsmomentes. Für das Biegungsmoment des in dem Zwischenpunkte C befindlichen Querschnittes erhält man:

a) wenn die Einzellast P sich im ersten Felde $A\,B$ und zwar in einem Abstande $\lambda\, l$ von der linken Stütze A befindet:

$$^{a}M = (0{,}1\ \lambda^3 - 0{,}267\ \lambda)\ P\,l\,, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 143.$$

b) wenn die Einzellast P sich im Mittelfelde $B\,C$ in einem Abstande von $\pm\ \mu\, l$ von dessen Mitte befindet:

$$^{a}M = (0{,}3\ \mu^2 - 0{,}333\ \mu - 0{,}075)\ P\,l, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 144.$$

c) wenn die Einzellast P sich im dritten Felde $C\,D$ in einem Abstande $\nu\, l$ von der rechten Stütze D befindet:

$$^{a}M = (0{,}067 + 0{,}1\ \nu^2)\ \nu\,.\,P\,l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 145.$$

Berechnet man ^{a}M für verschiedene Werte von λ, μ und ν, so findet man, dafs die Belastungsscheide bei $\mu = -\,0{,}2$ liegt. Eine gleichförmig auf die Längeneinheit verteilte Last k mufs daher über die erste und zweite Öffnung bis zu einem Punkte

ausgebreitet sein, welcher in dem Abstande 0,2 l rechts von der Mitte der Mittelöffnung liegt. Die hierbei entstehenden Zwischendrücke ergeben sich alsdann aus

$$B = 0{,}663\ k\,l = C, \quad \ldots \quad 146.$$

während der linke Stützendruck

$$A = 0{,}555\ k\,l \quad \ldots \quad 147.$$

beträgt. Hieraus folgt dann das gröfste negative Biegungsmoment

$$^{a}M = -\,0{,}1818\ k\,l^2 \quad \ldots \quad 148.$$

Zu den Momenten, welche die vorbetrachteten bewegten Lasten hervorbringen, kommen noch die von dem Eigengewichte herrührenden Momente. Beträgt das letztere für die Längeneinheit p, so erzeugt dasselbe, weil es symmetrisch wirkt, in den Querschnitten der Zwischenpunkte B und C ein negatives Biegungsmoment von $-\,0{,}1\ p\,l^2$, welches zu dem früher gefundenen Werte von $-\,0{,}1818\ k\,l^2$ zu addieren ist.

Das gröfste, von dem Eigengewichte p herrührende positive Biegungsmoment kommt in den Seitenfeldern und zwar in denjenigen ihrer Querschnitte, deren Abstand von den Endstützen 0,4 l beträgt, vor. Man erhält alsdann die Angriffsmomente

für	$\lambda = 0{,}3$	0,4	0,5	0,6
„	$^{a}M_1 = 0{,}075\ p\,l^2$	$0{,}080\ p\,l^2$	$0{,}075\ p\,l^2$	$0{,}060\ p\,l^2$.

Das gröfste Moment der bewegten Last ^{a}M fällt also nicht mit dem gröfsten Moment $^{a}M_1$ der Eigenlast zusammen, der Gröfstwert der Summe $^{a}M + {}^{a}M_1$ wird daher in einem Querschnitte vorkommen, für welchen λ zwischen 0,4 und 0,575 liegt. Überwiegt die Eigenlast über die Verkehrslast, so wird sich der gefährliche Querschnitt der Lage $\lambda = 0{,}4$, überwiegt die Verkehrslast über die Eigenlast, so wird sich derselbe der Lage $\lambda = 0{,}575$ nähern. Für die Anwendung scheint daher die Annahme einer mittleren Lage des gefährlichen Querschnittes, etwa $\lambda = 0{,}5$, empfehlenswert. Berechnet man ^{a}M für verschiedene Werte von λ und μ, so findet man, dafs die Belastungsscheide bei $\mu = +\,0{,}2$ bleibt. Demnach ist eine gleichförmige Betriebslast k der Längeneinheit über das erste und das Mittelfeld bis zu einem um 0,2 l links von der Mitte des letzteren befindlichen Punkte zu verbreiten, um in dem betrachteten Querschnitt ($\lambda = 0{,}5$) das gröfste positive Moment zu erzeugen. In diesem Falle ist der Stützendruck

$$A = 0{,}591\ k\,l \quad \ldots \quad 149.$$

und das erwähnte gröfste positive Moment

$$^{a}M = 0{,}166\ k\,l^2, \quad \ldots \quad 150.$$

zu welchem das oben für $\lambda = 0{,}5$ gefundene Moment $+\,0{,}075\ p\,l^2$ des Eigengewichtes hinzuzufügen ist. Den hieraus sich ergebenden Stärken der einer Fäulnis vorzugsweise ausgesetzten Streckbäume sind noch diejenigen Zusätze zu geben, welche die durch jene Fäulnis früher als bei den vor Nässe geschützteren Teilen eintretende Verschwächung erforderlich oder rätlich macht.

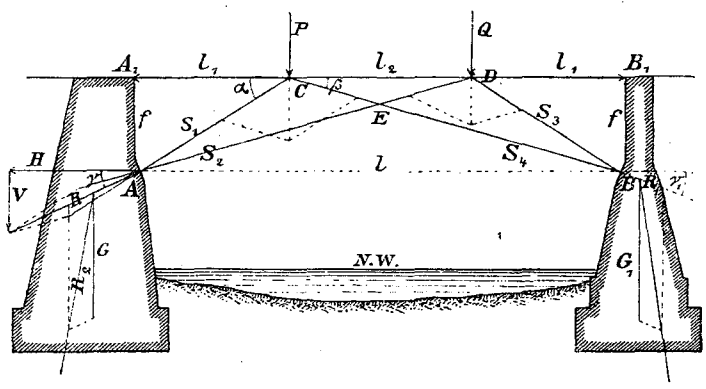
Die zur Berechnung des Spannriegels und der Streben mafsgebenden Drücke B und C sind, je nachdem die Einzellast P sich im 1., 2. oder 3. Felde befindet, durch die Gleichungen 143, 144, 145 gegeben.

Hat man es mit einer gleichförmig auf die Längeneinheit verteilten Belastung k zu tun, so beträgt der Wert von B oder C, welcher bei voller Belastung der Brücke entsteht, nach der Theorie des durchgehenden (kontinuierlichen) Balkens $1{,}1\ k\,l$. Vergleicht man die vorstehend gefundenen Ergebnisse mit denjenigen, welche man bei

symmetrischer Belastung und der dadurch veranlafsten Formänderung des Sprengwerkes erhält, so findet man bei Nichtberücksichtigung der unsymmetrischen Betriebslast zu starke Querschnitte für den Spannriegel und die Streben und zu schwache Abmessungen für den Streckbaum.

Dem statisch unbestimmten Systeme des im Vorstehenden behandelten verschieblichen doppelten Sprengwerkes ist das nachstehende, von dem Verfasser konstruierte statisch bestimmte System wegen seiner Unverschieblichkeit und einfachen Berechnungsweise für solche Spannweiten vorzuziehen, bei welchen die längsten Streben die Längen der zur Verfügung stehenden Balken nicht überschreiten. Wie aus der Abb. 95 zu ersehen ist, sind die beiden Zwischenpunkte C und D durch je zwei Streben unterstützt, von welchen sich die längeren Streben $A\,D$ und $C\,B$ in dem Punkte E kreuzen. Hier sind sie derart halb überblattet und verbolzt, dafs sich der Achsialdruck in jeder derselben ungehindert fortpflanzen kann, ohne in der anderen Biegungsspannungen zu erzeugen. Da eine seitliche Ausbiegung dieser Streben bei solcher Verbindungsweise nicht eintreten kann, so ist der bei der Verblattung übrig bleibende Teil des Querschnittes nur so stark zu bemessen, dafs er den gröfstmöglichen Achsialdruck mit Sicherheit aufnehmen kann. Die Balken $A_1\,B_1$ sind in den Punkten C und D gestofsen und durch lotrechte Schlitzzapfen mit wagerechten Bolzen (Abb. 96) verbunden, um welchen letzteren ihre Enden eine kleine Drehung in der lotrechten Ebene ausführen können. Die drei Teile $A_1\,C$, $C\,D$ und $D\,B_1$ dieser Balken wirken daher je als Balken auf zwei Stützen und gewähren den Vorteil, die Hauptbalken aus kürzeren Balkenstücken zusammensetzen zu können. Die Verbindungen der Streben mit den Unterzügen bei C und D sind denjenigen der früher beschriebenen einfachen Sprengwerke ähnlich anzuordnen. Die Unterstützung der Streben bei A und B durch Lagerschuhe und die Befestigung derselben auf dem Mauerwerk der Widerlager entspricht der bei den doppelten Sprengwerken mit je vier Streben erwähnten. Alle übrigen konstruktiven Anordnungen ergeben sich aus Abb. 96.

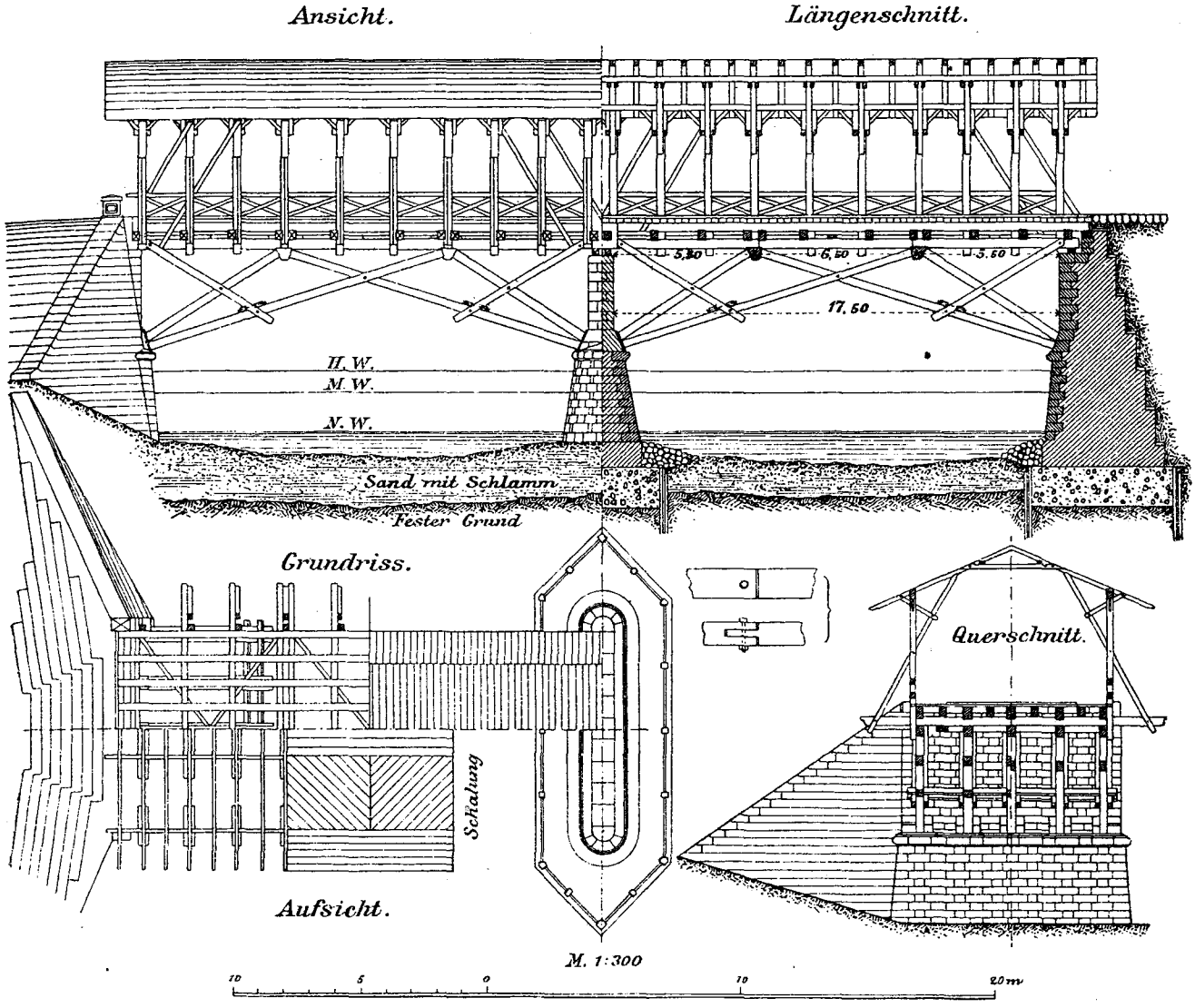
Abb. 95.



Statische Berechnung des unverschieblichen doppelten Sprengwerkes. Bezeichnen P und Q die Mittelkräfte verschiedener, in den Zwischenpunkten C und D (Abb. 95) wirkender Kräfte, welche aus gleichförmig verteilten und aus Einzellasten bestehen können, so sind dieselben nach den bekannten Formeln für die Balken auf zwei Stützen zu bestimmen. Behalten e und v ihre frühere Bedeutung bei, so ist mit Bezug auf die Bezeichnungen der Abb. 95 bei voller Belastung der linken Seite $P_{max} = (e + v)\,\frac{(l_1 + l_2)}{2} + P_1$, wenn P_1 eine über C stehende gröfste Einzellast darstellt und bei Nichtbelastung der rechten Seite $Q_{min} = e\,\frac{(l_1 + l_2)}{2}$, während bei der gröfsten Gesamtbelastung $Q = P_{max}$ zu setzen ist.

a) Analytische Berechnung. Schliefsen die Streben $A\,C$ und $B\,D$ mit der Wagerechten die Winkel α, die Streben $A\,D$ und $B\,C$ mit der Wagerechten die Winkel β ein, so sind die Spannungen S_1 und S_3 der ersteren und die Spannungen S_2 und S_4 der letzteren, wie folgt, zu ermitteln.

Abb. 96. *Brücke mit unverschieblichem, doppeltem Sprengwerk.*



Aus Abb. 97 (S. 70) ergeben sich die Gleichungen:

$$\frac{S_1}{S_4} = \frac{\sin(90-\beta)}{\sin(90-\alpha)} = \frac{\cos\beta}{\cos\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 151.$$

und $$S_1 \sin\alpha + S_4 \sin\beta = P, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 152.$$

daher $$S_4 = \frac{P - S_1 \sin\alpha}{\sin\beta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 153.$$

und, wenn dieser Wert eingeführt wird,

$$S_1 = S_4 \frac{\cos\beta}{\cos\alpha} = \frac{(P - S_1 \sin\alpha)\cos\beta}{\sin\beta \cdot \cos\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 154.$$

woraus die Spannungen:

$$S_1 = P \cdot \frac{\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \text{ und } S_4 = P \cdot \frac{\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 155.$$

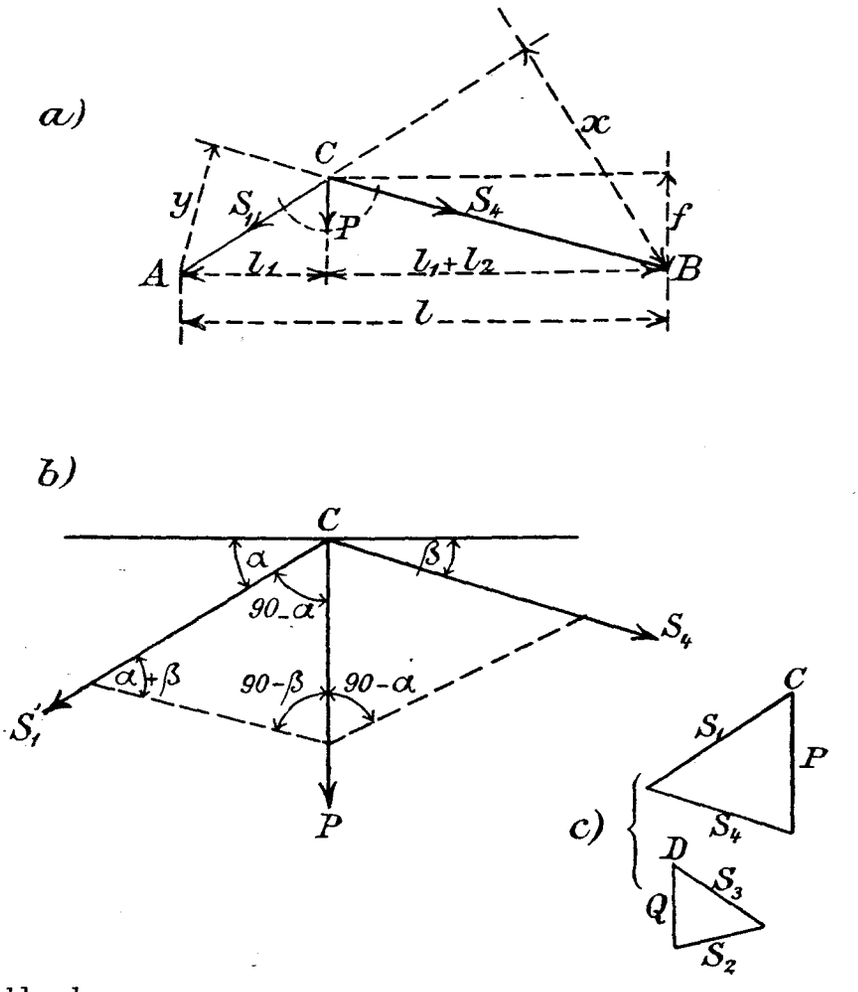
gefunden werden, die sich auch unmittelbar aus Abb. 97 *a* ableiten lassen. Vertauscht man hierin P mit Q, so erhält man die Spannungen:

$$S_3 = Q \frac{\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \text{ und } S_2 = Q \cdot \frac{\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 156.$$

In dem Stützpunkt A ist der Vertikaldruck

$$V = S_1 \sin\alpha + S_2 \sin\beta = \frac{P \sin\alpha \cdot \cos\beta + Q \cos\alpha \cdot \sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}, \quad \ldots\ldots \quad 157.$$

Abb. 97.



der Horizontaldruck

$$H = S_1 \cos\alpha + S_2 \cos\beta = \frac{(P+Q)\cos\alpha \,.\, \cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 158.$$

Hieraus folgt der geneigte Druck auf das linke Widerlager

$$R = \sqrt{V^2 + H^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 159.$$

und dessen Neigungsverhältnis:

$$tang\,\gamma = \frac{V}{H} = \frac{P \sin\alpha \,.\, \cos\beta + Q\cos\alpha \,.\, \sin\beta}{(P+Q)\cos\alpha \,.\, \cos\beta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 160.$$

In dem Stützpunkt B ist der Vertikaldruck

$$V_1 = S_3 \sin\alpha + S_4 \sin\beta = \frac{Q\cos\beta \,.\, \sin\alpha + P\cos\alpha \,.\, \sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \quad \ldots\ldots \quad 161.$$

der Horizontaldruck

$$H_1 = S_3 \cos\alpha + S_4 \cos\beta = \frac{(Q+P)\cos\alpha \,.\, \cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} = H \quad \ldots\ldots \quad 162.$$

Hieraus folgt der geneigte Druck auf das rechte Widerlager

$$R_1 = \sqrt{V_1^2 + H_1^2}$$

und dessen Neigungsverhältnis:

$$tang\,\gamma_1 = \frac{V_1}{H_1} = \frac{Q\cos\beta \,.\, \sin\alpha + P\cos\alpha \,.\, \sin\beta}{(Q+P)\cos\beta \,.\, \cos\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 163.$$

Setzt man in vorstehenden Gleichungen $P = Q$, so ergibt sich

$$S_1 = S_3 = P \,.\, \frac{\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \text{ und } S_2 = S_4 = P \,.\, \frac{\cos\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} \quad \ldots\ldots \quad 164.$$

ferner $$V = P \cdot \frac{(\sin\alpha \cdot \cos\beta + \cos\alpha \cdot \sin\beta)}{\sin(\alpha+\beta)} = P = V_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 165.$$

und $$H = 2P \cdot \frac{\cos\alpha \cdot \cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} = 2 S_1 \cdot \cos\alpha = H_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 166.$$

und das Neigungsverhältnis der Mittelkraft R

$$tang\ \gamma = tang\ \gamma_1 = \frac{V}{H} = \frac{V_1}{H_1} = \frac{\sin(\alpha+\beta)}{2\cos\alpha \cdot \cos\beta} = \frac{P}{2 S_1 \cos\alpha} \quad \ldots \quad 167.$$

Mit der Mittelkraft R ist dann die lotrechte Kraft G zusammenzusetzen, welche das Eigengewicht des linken Widerlagers und den bei A_1 auf demselben ruhenden Teil der Last des Überbaues in sich begreift. Mit der Mittelkraft R_1 ist dann die lotrechte Kraft G_1 zusammenzusetzen, welche das Eigengewicht des rechten Widerlagers und den bei B_1 auf demselben ruhenden Teil der Last des Überbaues in sich begreift. Mit den aus den Kräften R und G, R_1 und G_1 sich ergebenden Resultanten ist endlich noch der auf die Widerlager wirkende Erd- und Wasserdruck in der früher angegebenen Weise zusammenzusetzen. Bei den Widerlagern entsteht der gröfste Horizontaldruck bei voller Belastung der angrenzenden Öffnung, bei den Zwischenpfeilern bei Vollbelastung der einen und bei Entlastung der anderen angrenzenden Öffnung. In diesem Falle ergibt sich derselbe nach Gl. 166 aus der Differenz

$$\triangle H = H_{,} - H_{,,} = 2 (P - Q) \frac{\cos\alpha \cdot \cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 168.$$

Diese wagerechte Kraft liefert mit der zugehörigen lotrechten Kraft V_1 die Mittelkraft R_1 mit dem Neigungsverhältnis $tang\ \gamma_{,} = \frac{V_1}{\triangle H}$ (Abb. 95 rechts), welche nun mit der lotrechten Kraft G_1 zusammenzusetzen ist, die das Eigengewicht des Zwischenpfeilers samt dessen Belastung durch den Überbau in sich begreift. Würde statt der Winkel α und β die Spannweite $l = 2 l_1 + l_2$ und die Pfeilhöhe f des Sprengwerks gegeben sein, so würde:

$$f = l_1\, tang\ \alpha = (l_1 + l_2)\, tang\ \beta, \quad \ldots\ldots\ldots \quad 169.$$

mithin α und β bezw. aus den Gleichungen:

$$tang\ \alpha = \frac{f}{l_1} \text{ und } tang\ \beta = \frac{f}{l_1 + l_2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 170.$$

zu ermitteln sein.

Sind hiernach die Neigungen der Streben AC, BD und AD, BC nur durch die Abmessungen l_1, l_2 und f bestimmt, so ergeben sich mit Bezug auf die Bezeichnungen der Abb. 97 die Gleichungen:

$$-S_1 x - P(l_1 + l_2) = 0,$$

worin der Hebelsarm

$$x = l \frac{f}{\sqrt{l_1^2 + f^2}}$$

und

$$S_4\, y + P \cdot l_1 = 0,$$

worin der Hebelsarm

$$y = l \frac{f}{\sqrt{(l_1 + l_2)^2 + f^2}}$$

ist, die Spannungen:

$$S_1 = -\frac{l_1 + l_2}{l} \cdot \frac{\sqrt{l_1^2 + f^2}}{f} \cdot P \quad \ldots\ldots\ldots \quad 171.$$

und

$$S_4 = -\frac{l_1}{l} \cdot \frac{\sqrt{(l_1 + l_2)^2 + f^2}}{f} \cdot P \quad \ldots\ldots\ldots \quad 172.$$

Vertauscht man hierin P mit Q, so erhält man die Spannungen:

$$S_3 = -\frac{(l_1+l_2)}{l}\cdot\frac{\sqrt{l_1^2+f^2}}{f}\cdot Q \quad \ldots \quad 173.$$

und

$$S_2 = -\frac{l_1}{l}\cdot\frac{\sqrt{(l_1+l_2)^2+f^2}}{f}\cdot Q \quad \ldots \quad 174.$$

Im Stützpunkt A beträgt der lotrechte Gesamtdruck

$$V = \frac{P(l_1+l_2)+Ql_1}{l} \quad \ldots \quad 175.$$

der Horizontaldruck

$$H = (P+Q)\frac{l_1(l_1+l_2)}{fl} \quad \ldots \quad 176.$$

Hieraus folgt der Druck auf das linke Widerlager

$$R = \sqrt{V^2+H^2} \quad \ldots \quad 177.$$

und dessen Neigungsverhältnis

$$tang\ \gamma = \frac{V}{H} = \frac{f}{l_1}\cdot\frac{P(l_1+l_2)+Ql_1}{(P+Q)(l_1+l_2)} \quad \ldots \quad 178.$$

Im Stützpunkt B beträgt der lotrechte Gesamtdruck

$$V_1 = \frac{Q(l_1+l_2)+Pl_1}{l} \quad \ldots \quad 179.$$

der Horizontaldruck

$$H_1 = (P+Q)\frac{l_1(l_1+l_2)}{fl} = H \quad \ldots \quad 180.$$

Hieraus folgt der geneigte Druck auf das rechte Widerlager

$$R = \sqrt{V_1^2+H_1^2} \quad \ldots \quad 181.$$

und dessen Neigungsverhältnis

$$tang\ \gamma_1 = \frac{V_1}{H_1} = \frac{f}{l_1}\cdot\frac{Q(l_1+l_2)+Pl_1}{(Q+P)(l_1+l_2)} \quad \ldots \quad 182.$$

Setzt man in vorstehenden Gleichungen $Q = P$, so erhält man

$$S_1 = S_3 = -\frac{l_1+l_2}{l}\cdot\frac{\sqrt{l_1^2+f^2}}{f}\cdot P \quad \ldots \quad 183.$$

und

$$S_2 = S_4 = -\frac{l_1}{l}\cdot\frac{\sqrt{(l_1+l_2)^2+f^2}}{f}\cdot P, \quad \ldots \quad 184.$$

ferner

$$V = P \text{ und } H = 2P\cdot\frac{l_1(l_1+l_2)}{fl} \quad \ldots \quad 185.$$

Hieraus folgt der Schrägdruck

$$R = P\sqrt{1+\left(\frac{2l_1(l_1+l_2)}{fl}\right)^2} \quad \ldots \quad 186.$$

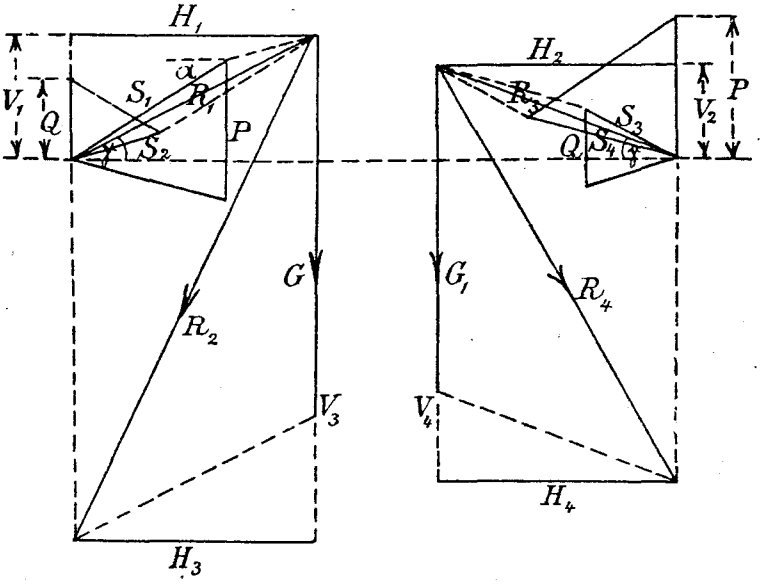
und dessen Neigungsverhältnis

$$tang\ \gamma = \frac{V}{H} = \frac{fl}{2l_1(l_1+l_2)} \quad \ldots \quad 187.$$

b) Graphische Berechnung. Trägt man die Lasten P und Q in geeigneten Kraftmafsstäben lotrecht auf (Abb. 98) und zieht die Parallelen bezw. zu $A\,C$, $C\,B$ und $D\,B$, $D\,A$ (Abb. 95), so sind durch die hierdurch gebildeten Kräftedrucke die Spannungen bezw. $S_1\ S_4$ und $S_2\ S_3$ der Streben der Lage und Gröfse nach bestimmt. Werden die Spannungen $S_1\ S_2$ und $S_3\ S_4$ je zu einem Kräfteparallelogramm ergänzt (Abb. 98), so ergeben sich deren Resultanten R_1 und R_3 als die von dem Überbau erzeugten geneigten

Drucke auf das bezw. linke und rechte Widerlager, samt deren Neigungsverhältnis $tang\ \gamma = \frac{V_1}{H}$. Es folgt, dafs die Vertikaldrucke V_1 und V_2 verschieden, die Horizontaldrucke H_1 und H_2 dagegen einander gleich sind. Werden nun die Drucke R_1 und R_3 bezw. mit den Gewichten G und G_1 des linken und rechten Widerlagers zusammengesetzt, so ergeben sich bezw. die Endresultanten R_2 und R_4 als die geneigten Gesamtdrücke auf die Grundfläche bezw. des linken und rechten Widerlagers, sowie deren lotrechte Komponenten V_3 und V_4, welche voneinander verschieden und deren wagerechte Komponenten H_3 und H_4, welche einander gleich sind.

Abb. 98.



§ 13. Die Pfeiler der Sprengwerkbrücken.

1. Anordnung und Konstruktion der Endpfeiler. Werden, wie dies meist geschieht, die Endpfeiler aus Mauerwerk hergestellt, so erhalten sie häufig einen annähernd paralleltrapezförmigen Querschnitt mit oberer wagerechter Begrenzung für die Auflagerung der Streckbäume und mit einem etwas vortretenden Kämpfer zur Aufnahme der Strebenfüfse. Die obere Abdeckung geschieht meist durch Deckplatten, bisweilen, aber unvorteilhaft, durch Rollschichten; über diese werden zur besseren Verteilung des Druckes je eine oder je zwei Mauerschwellen für die Streckbäume gelegt und durch Steinschrauben befestigt. Hinter den Streckbaum-Enden findet eine kleine Erhöhung des Mauerwerkes statt, welche oben mit Zement und Asphalt abgedeckt wird. Auch die Kämpfer werden am zweckmäfsigsten aus Quadern konstruiert, welche bei geringeren Abmessungen aus einem Stück bestehen, bei gröfseren dagegen aus zwei oder selbst aus noch mehreren Stücken zusammengesetzt werden. Verwendet man hartgebrannte Backsteine, so läfst man es bei Quadern zu den Deckplatten und Kämpfern bewenden, während man bei gewöhnlichen Ziegel- und Bruchsteinen die sichtbaren Mauerflächen mit Quaderschichten von im Mittel 18 bis 24 cm Höhe verblendet. Zur besseren Übertragung eines bedeutenden Strebendruckes und in der Richtung desselben werden vorteilhaft lotrechte Binder in dem Inneren der Pfeilermauer angebracht, welche ein Übereinanderschieben der einzelnen Schichten an jener Stelle verhindern. Von besonderem Wert erscheint diese Vorsicht bei Sprengwerkbrücken, welche vor völliger Erhärtung des Mörtels im Inneren ihrer Endpfeiler in Betrieb genommen werden müssen. Auf der Rückseite erhalten die Endpfeiler entweder einen Anzug, oder, weil sich dann meist besser mauern läfst, treppenförmige Absätze, welche oben, zur besseren Ableitung des Wassers, mit einer Neigung versehen und mit Zement oder mit einer einfachen oder doppelten Backsteinschichte abgedeckt werden. Die Gründung dieser Pfeiler erfolgt nach denselben Grundsätzen, wie bei den Pfeilern der gewölbten Brücken; es genügt jedoch, wegen der verhältnismäfsig geringeren Belastung durch den Überbau, kleinere Grund-

mauerabsätze oder eine geringere Ausdehnung der Betonschichten, der liegenden oder der Pfahlroste anzuordnen.

2. Die Stärke der Endpfeiler. a) Bei dem gröfsten Erddrucke. Bezeichnet h die ganze Höhe der Erdhinterfüllung, $h_,$ diejenige der Erdhinterfüllung über dem Mauerkopfe, φ den Reibungswinkel der Füllerde, γ das Gewicht ihrer kubischen Einheit, so ist bekanntlich, wenn die unveränderliche Gröfse $\frac{1}{2} tang^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) = \psi$ gesetzt wird, der Erddruck auf die Längeneinheit der senkrechten Rückwand eines Pfeilers

$$E = \gamma \psi (h^2 - h_1^2), \quad \ldots \quad 188.$$

dessen Angriffspunkt den Abstand

$$e = \frac{h^3 - 3 h h_, + 2 h_1^3}{3 (h^2 - h_1^2)} \quad \ldots \quad 189.$$

von der Mauergrundfläche hat. Liegt die Flufssohle um $h_,,$ über der Mauergrundfläche, so übt dieselbe auf die Vorderseite der Mauer den Gegendruck

$$E' = \gamma \psi h_,,^2 \quad \ldots \quad 190.$$

aus und wirkt an dem auf die Grundfläche der Mauer bezogenen Hebelarm

$$e' = \frac{h_,,}{3} \quad \ldots \quad 191.$$

Der Unterschied der Momente, mit welchem diese entgegengesetzten Erddrücke auf den Pfeiler wirken, beträgt daher $E e - E' e'$, mithin, wenn der Kürze halber der auf den hinteren Anlauf zu Gunsten der Standsicherheit wirkende Erddruck vernachlässigt, die Pfeilerhöhe $h - h_, = k$ gesetzt wird, und m den Anlauf der Rückseite, g das Gewicht der Raumeinheit des Pfeilers bezeichnet, die untere Pfeilerstärke

$$w = \frac{m k}{2} + \sqrt{\frac{2}{g k}(E e - E' e') - \frac{m k^2}{12}}, \quad \ldots \quad 192.$$

worin, bei lotrechter Rückwand, $m = 0$ zu setzen ist und $\gamma = 1{,}5$ bis $1{,}8$, $\psi = {}^1/_2$ bis ${}^1/_3$ und $g = 2$ bis $2{,}2$ angenommen werden kann. Ist der Erddruck E' unerheblich oder verhältnismäfsig klein gegen E, so ist in vorstehender Gleichung $E' = 0$ zu setzen.

Ist auf diese Weise ein trapezförmiger oder rechteckiger Querschnitt des Endpfeilers gefunden und dieser der erforderlichen Unterstützung der Streben und Balken gemäfs umgeformt, so läfst sich dessen Standsicherheitsmoment zur nochmaligen Vergleichung mit dem Momente des gröfsten Erddrucks wie folgt untersuchen.

Bezeichnen

$f_1 f_2 \ldots f_m$ die Flächen, aus welchen der Pfeilerquerschnitt besteht,

$s_1 s_2 \ldots s_m$ die Abstände ihrer Schwerpunkte von der Innenkante des Pfeilers,

so ist jenes Moment $\quad {}^sM = g (f_1 s_1 + f_2 s_2 + \ldots f_m s_m), \quad \ldots \quad 193.$

mithin, da $\quad F = f_1 + f_2 + \ldots f_m \quad \ldots \quad 194.$

den Inhalt des Mauerquerschnitts darstellt, der Abstand der Schwerlinie von der Innenkante des Pfeilers $\quad a = \frac{{}^sM}{Fg} \quad \ldots \quad 195.$

und der Abstand des Punktes, in welchem die Mittelkraft des Mauergewichtes und des Erddruckes mit dem Momente ${}^eM$ die Grundfläche des Pfeilers schneidet, von der Lotrechten durch den Schwerpunkt $b = \frac{{}^eM}{Fg}, \quad \ldots \quad 196.$

mithin der Abstand dieses Schnittpunktes von der Innenkante des Pfeilers

$$a - b = \frac{{}^sM - {}^eM}{Fg} \quad \ldots \quad 197.$$

Mit Hilfe dieses Abstandes ist zu untersuchen, ob die gröfste zulässige Pressung des Mauerwerks an jener Innenkante nicht überschritten wird.

b) Bei dem gröfsten Seitendrucke des Sprengwerks. Von jeder Tragrippe der Brücke, welche $2n$ Streben enthält und deren gegenseitiger Abstand c beträgt, wird mit Bezug auf Gl. 125 (S. 64) auf beiden Seiten ein gröfster wagerechter Druck

$$H' = \frac{1}{c}(H_1 + H_2 + \ldots H_n), \quad \ldots \quad 198.$$

ein gröfster lotrechter Druck

$$V' = \frac{1}{c}(G_1 + G_2 + \ldots G_n) \quad \ldots \quad 199.$$

und ein gröfster lotrechter Druck der wagerechten Balken

$$V^0 = \frac{P^0}{c} \quad \ldots \quad 200.$$

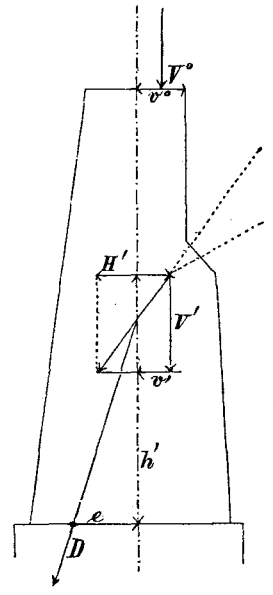
auf die Tiefeneinheit des Landpfeilers ausgeübt. Bezeichnet nun

h' den Hebelarm von H' in Bezug auf die Pfeilergrundfläche,

$\left.\begin{matrix} v' \\ v^0 \end{matrix}\right\}$ den Abstand des lotrechten Drucks $\left\{\begin{matrix} V' \\ V^0 \end{matrix}\right\}$ von der Schwerlinie des Mauerkörpers,

so ergibt sich, mit Bezug auf Abb. 99, der Abstand der Schwerlinie von dem Punkte D, in welchem die Mittelkraft sämtlicher Kräfte die Pfeilergrundfläche schneidet,

Abb. 99.



$$e = \frac{H' h' - V' v' - V^0 v^0}{V' + V^0 + g F} \quad \ldots \quad 201.$$

und der Abstand jenes Schnittpunktes von der Aufsenkante der Pfeilergrundfläche mit der Breite u ist

$$i = u - (a + e), \quad \ldots \quad 202.$$

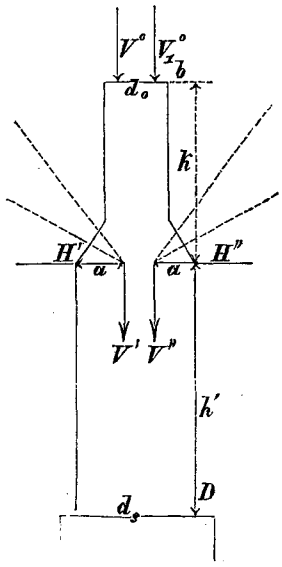
Mit Hilfe dieses Ausdrucks ist zu prüfen, ob die zulässige Pressung des Mauerwerks an jener Aufsenkante nicht überschritten wird.

3. Anordnung und Konstruktion der Zwischenpfeiler. Sprengwerkbrücken mit zwei und mehreren Öffnungen erhalten bei endgiltiger Anlage meist steinerne Zwischenpfeiler, welche alsdann, wie die Endpfeiler, oben mit Deckplatten abgedeckt, an den beiden Seiten zur Aufnahme der Streben mit etwas vorspringenden, gewöhnlich aus Quadern bestehenden Kämpfern versehen werden. Die Auflagerung der Streckbäume auf denselben erfolgt auf die unter 1. angegebene Weise. Wegen des Anschlusses der Strebenfüfse an das Mauerwerk vergl. S. 62. Zu einer Verblendung der sichtbaren Mauerflächen ist bei den Zwischenpfeilern, wenn sie in der Strömung stehen und namentlich dem Eisstofse ausgesetzt sind, noch mehr Veranlassung gegeben als bei den Endpfeilern. Werden dieselben mit Kämpfergesimsen versehen (Taf. III, Abb. 23 u. 24), so sind diese mindestens 0,25 bis 0,5 m über Hochwasser zu legen, damit sie keine Beschädigung durch Eisschollen oder sonstige treibende Körper erleiden. Bezüglich ihrer Gründung gilt das unter 1. Gesagte, jedoch sind die Grundmauern der Zwischenpfeiler, besonders in stark strömenden Wasserläufen, mit sorgfältig angelegten Spundwänden zu versehen.

Die Stärke der Zwischenpfeiler ist für den gröfsten Seitendruck der Sprengwerke zu berechnen. Der gröfste einseitige Druck auf einen Strompfeiler findet nahezu statt, wenn die Tragrippen einer Öffnung vollbelastet und in der folgenden entlastet sind. Behalten V^0, V' und H', h' und g ihre frühere Bedeutung, so besteht, wenn mit H'' und V'' bezw. der wagerechte und halbe lotrechte Druck einer entlasteten Tragrippe, mit a und b bezw. der Abstand des Schnittpunktes der Strebenachsen und Mauer-

schwellen von der Leibung des Pfeilers, mit d_0 die erforderliche Breite des Pfeilerauflagers (Abb. 100) bezeichnet und der Kürze halber

Abb. 100.



$$\frac{V^0 + V'}{g\,h'} = A, \quad \ldots \quad 203.$$

sowie

$$h'(H'-H'') + a(V'-V'') + b(V^0 - V_1^0) - gk.\frac{d_0^2}{2} = B \quad \ldots \quad 204.$$

gesetzt wird, die untere Pfeilerstärke[30])

$$d_s = -A + \sqrt{\frac{2}{g\,h'}.B + A^2}, \quad \ldots \quad 205.$$

welcher man auf jeder Seite der Pfeilergrundfläche einen der gröfsten zulässigen Pressung des Mauerwerks entsprechenden Zusatz gibt.

Hierbei ist, wenn das Gewichtsverhältnis der unbelasteten zur belasteten Tragrippe mit α bezeichnet wird:

$$H'' = \alpha\,.\,H', \quad V'' = \alpha\,.\,V' \quad \text{und}$$

$$V_0' = \alpha\,.\,V_0 \quad \ldots \quad 206.$$

zu setzen, während die Abstände a und b den Auflagerflächen entsprechend anzunehmen sind.

§ 14. Die Bogenbrücken.[31]) Wie in der Einleitung dieses Kapitels bemerkt wurde, sind die aus gekrümmten Bohlen hergestellten Bogenbrücken als aufgegeben zu betrachten, während solche aus gekrümmten Balken zu Überbrückungen von Öffnungen mit grofser Spannweite und reichlicher Konstruktionshöhe, sowie mit natürlichen festen Widerlagern, insbesondere für Strafsenbrücken, zulässig erscheinen. Da nämlich der Krümmungspfeil eines tannenen Balkens nicht erheblich mehr als $^1/_{20}$ seiner Länge betragen darf, wenn dessen Festigkeit nicht notleiden soll, so würden die Pfeilverhältnisse kleiner Bogenbrücken zu gering und infolge hiervon die Seitendrücke der Balkenbogen zu grofs ausfallen. Die Anwendung der Bogenbrücken zur Überbrückung grofser Spannweiten erfordert eine um so wirksamere Aussteifung, je gröfser die letzteren sind. Je nachdem dieselbe in einer Aussteifung der Bogenzwickel oder des Bogens selbst besteht, unterscheidet man die Bogenbrücken mit ungetrennten oder getrennten Tragbogen, welche mit dem Streckbaum durch Radialzangen oder Fachwerk verbunden sind, und diejenigen mit doppelten, in zwei Gurten gespaltenen Tragbogen, bei denen die Gurte durch Fachwerk verbunden sind, während die Belastung der Streckbäume durch senkrechte Pfosten auf diese Bogen übertragen wird.

1. Die Bogenbrücken mit ungeteilten Tragbogen. Ein frühes Beispiel dieser Konstruktion bietet die im Jahre 1673 erbaute Kintai-Brücke[32]) über den Nischiki bei Iwakani in Japan mit 5 Öffnungen, von welchen die drei mittleren je 45,45 m bei 5,67 m Pfeilhöhe, die beiden Seitenöffnungen eine etwas geringere Spannweite besitzen, während die Brückenbahn im Scheitel der Bogenöffnungen 21,82 m über Niederwasser liegt. Jede Öffnung enthält fünf Bogenrippen aus dem festen Kiakiholz, welche die 5,46 m

[30]) Die Entwickelung dieses Ausdruckes s. Heinzerling, Grundzüge u. s. w. Leipzig 1874, II. 2, S. 141.

[31]) Literatur: Rziha, Eisenbahn-Unter- und Oberbau. Wien 1877. II. Bd. S. 133. — Strafsenbrücke über den Kennebec-Flufs bei Augusta, Maine (Bogen in Verbindung mit einem Gitterträger). Scientific american Suppl. 1878, S. 2189. — Kaiser Franz-Josef-Brücke über die Drina bei Gorazda. Mitteil. über Art.- u. Geniewesen 1882, S. 175.

[32]) Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 364 ff.

breite Brückenbahn nebst Geländer aus dem astfreien und wetterfesten Hinokiholz tragen und sich auf steinerne End- und Zwischenpfeiler stützen. Diese im Mittel 12,12 m hohen Pfeiler bestehen aus Zyklopenmauerwerk in Bruchstein, wobei die Quader besonders an den spitzbogig begrenzten Pfeilerköpfen vielfach durch eingelassene Metallklammern verbunden sind. Die einzelnen nicht sehr langen, dicht aufeinander gelagerten Balkenstücke der Bogenrippen sind an ihren Stöfsen zum Schutze des Hirnholzes gegen Fäulnis mit Kupferblech beschlagen, nehmen von den Bogenscheiteln nach deren Fufs hin dem zunehmenden Druck entsprechend an Zahl zu und sind unter sich durch eiserne Bolzen verbunden, sowie durch zickzackförmig seitlich angebrachte Streben versteift. Die äufseren Seitenflächen der Stirnrippen, sowie die frei vorstehenden Querverbindungen sind durch Verschalung sorgfältig vor Nässe geschützt. Da die Brücke nur dem Fufsverkehr dient, liegt die Brückenbahn unmittelbar auf den Bogenrippen und ist aus Stufen mit gleicher Breite des Auftritts bei vom Scheitel nach den Pfeilern hin zunehmender Steigung gebildet, einer Anordnung, welche das Überschreiten der Brücke unnötig erschwert. Vom Jahre 1807 ab wandte Wiebeking Spannbogen aus dicht aufeinander gelegten, verdübelten und verlochten hölzernen Balkenstücken zur Unterstützung ganz oder nahezu wagerechter Strafsenfahrbahnen von bedeutender Spannweite an, wobei die Brückenbahnen durch lotrechte Pfosten auf die Bogen abgestützt wurden.

Bei späteren Brücken dieser Gattung, wie der Strafsenbrücke über die Seine bei Ivry, dem schiefen Eisenbahnviadukt von St. Germain und der im Jahre 1836 erbauten Brücke über den Umfangskanal von St. Petersburg behielt man zwar die ähnliche Zusammenlegung und Zusammensetzung der Balken bei, verband aber die Balkenbogen mit den Streckbalken der Brückenbahn durch radiale Zangen.

2. Die Bogenbrücken mit geteilten Tragbogen. Die Unterstützung von Brückenbahnen durch geteilte Bogen aus gekrümmten hölzernen, durch radiale Zangen verbundenen Balken war, wie die auf der Trajanssäule erhaltene Darstellung der von Trajan im Jahre 104 n. Chr. im Kriege gegen die Dacier errichtete Brücke über die Donau zeigt, schon den Römern bekannt, wurde aber infolge der konstruktiven Mängel, welche die Wiebeking'schen Brücken aufwiesen, erst später von Moller wieder aufgenommen, welcher im Jahre 1836 eine Brücke mit 2 Öffnungen über die Eder bei Battenfeld mit 30 m Spannweite bei 2,75 m Pfeilhöhe so konstruierte, dafs je drei bogenförmige Balken durch eingeschaltete Zwischenklötze getrennt und an diesen Stellen durch radiale Zangen verbunden waren. Eine verwandte Konstruktion erhielten die Stirnrippen der nach ihr erbauten Eisenbahnbrücke über die Murg in Rastatt mit 5 Öffnungen von je 12 m Spannweite, während die vier mittleren, unter den Fahrschienen angeordneten Tragrippen aus lotrecht aneinander gestellten Bohlen nach dem System Funk angeordnet sind. Um die Durchnässung der Stirnrippen durch Schlagregen zu vermeiden, erhielten dieselben eine äufsere Bohlenverkleidung, auch wurden die Bogenfüfse statt in hölzerne in gufseiserne Schuhe gesteckt.

3. Die Bogenbrücken mit Fachwerk in den Bogenzwickeln erhalten am zweckmäfsigsten Bogen aus mehreren dicht auf- und nebeneinanderliegenden, nicht solche aus einzelnen, durch Zwischenräume und einzelne Zwischenklötze getrennten Balken, damit der Regen möglichst wenig eindringen kann und ein Faulen der Balken insbesondere an den Stellen vermieden wird, wo jene durch Zwischenräume getrennten Balken durch Zwischenklötze und Schrauben verbunden sind. Die Streckbäume werden mit jenen massiven Bogen durch ein aus Pfosten und Diagonalen bestehendes Fachwerk

verbunden, dessen Pfosten meist einfach sind und auf den Bogen stehen, während die entweder unter einem und demselben, nicht zu steilen Winkel oder radial zu dem Bogen gestellten Diagonalen doppelt sind und sowohl die Bogen als auch die Streckbäume und Pfosten zangenförmig umschliefsen. Die besonders in der Nähe der Bogenenden erforderlichen Querversteifungen werden an jene Pfosten angeschlossen und bestehen aus oberen und unteren durchgehenden Querriegeln mit eingeschalteten Diagonalkreuzen. Die Bogenfüfse werden am zweckmäfsigsten in gufseiserne Bogenschuhe eingelassen, welche dem eingedrungenen Wasser den Ablauf gestatten und wegen der Verdunstung des letzteren möglichst freigelegt, übrigens aber mit dem Mauerwerk oder dem gewachsenen Felsen ausreichend verankert sind. Über den Streckbäumen ruhen die Querträger der Brückenbahn. Bei den Eisenbahnbrücken werden zwei bis vier, bei den Strafsenbrücken meist mehrere gleichweit voneinander entfernte Tragrippen angeordnet.

4. Die **Bogenbrücken mit Bogenfachwerkträgern** erhalten meist Bogengurte aus mehreren, dicht auf- und nebeneinanderliegenden und untereinander verschraubten Balken, zwischen welche die gekreuzten Diagonalen des zu ihrer Aussteifung dienenden Fachwerkes eingeschaltet sind, während deren gegenseitige Verbindung durch entweder lotrecht, oder — besser — radial angeordnete doppelte Zangen bewirkt ist. Reicht das Bogenfachwerk aus, um sämtliche, bei der gröfsten einseitigen Belastung auftretenden Drehmomente und Scherkräfte aufzunehmen, so bedürfen die Streckbäume der Brückenbahn einer Unterstützung nur durch lotrechte, auf den Bogen ruhende Pfosten, welche zur Sicherung ihrer Stellung durch geneigte, mit den Bogen verbundene doppelte Zangen gefafst werden. Am einfachsten werden die oben erwähnten Bogenzangen bis zu dem Streckbaum verlängert, wie dies z. B. bei der von Brown konstruierten Kaskade-Brücke geschehen ist. Die Querverbände der Bogen bestehen aus durchgehenden, auf die beiden Gurte gelegten und mit ihnen verschraubten Querriegeln, zwischen welche gekreuzte Diagonalen eingeschaltet werden. Auch die zwischen Brückenbahn und Bogen angebrachten Tragpfosten bedürfen einer kräftigen Querversteifung, welche durch zwei oder mehr Querriegel samt angeblatteten Diagonalen mittels Schrauben hergestellt wird. Die Bogenfüfse werden am besten in gufseiserne Schuhe eingelassen, welche bei gröfseren Brücken getrennt und mit dem Mauerwerk oder Felsen verankert sind. Die Brückenbahn wird, wie bei den im § 9 besprochenen Brücken, auf die Tragrippen gelegt. Der Querschnitt der Kaskade-Brücke zeigt die übliche amerikanische Anordnung der Eisenbahnfahrbahn für ein Gleis mit beiderseitigen, durch Brüstungen begrenzten Fufssteigen.

§ 15. Gerüstbrücken, Kriegsbrücken und andere zeitweilige Brücken.[33])

Hölzerne Brücken, welche die Dauer von oft nur wenigen Jahren oder selbst Monaten

---

[33]) Literatur. Gerüstbrücken: Pontzen, Über hölzerne Brücken, besonders über amerikanische Gerüstbrücken. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1876, Heft II. — Gerüstbrücke der Credit-Valley-Eisenbahn in Kanada (gekrümmte Bahnachse). Engng. 1880, Juli, S. 87. — Gerüstbrücke über das Fella-Tal (zugleich Aufstellungsgerüst für Eisenkonstruktion). Il Politecnico 1881, S. 369; Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1880, S. 113. — Gerüstbrücken der Napier-Manawatu-Eisenbahn in Neu-Seeland. Nouv. ann. de la constr. 1881, S. 149. — Gerüstbrücke durch den Lake Pontchartrain (34,6 km lang). Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 205.

Kriegsbrücken: Verschiedene Mitteilungen über provisorische Brücken und über zweckmäfsiges Verfahren bei Wiederherstellung gesprengter Brücken. Deutsche Bauz. 1871, S. 233; daselbst 1872, S. 61, 73, 104. — Provisorische Brücke über die Loire bei Montlouis. Engng. 1871, Dec. S. 411. — Militärische Eisenbahnbrücken v. J. 1871. Zeitschr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1872, Bl. XI u. ff. — Hölzerne Jochbrücke der Feldeisenbahn von Remilly nach Pont à Mousson. Deutsche Bauz. 1872, S. 120. — Eigenschaften, welche die von den Feldeisenbahn-Abteilungen auf Vorrat mitzunehmenden Brückenkonstruktionen haben müssen. Deutsche

haben und meist innerhalb kurzer Zeit[34]), mit den einfachsten Mitteln und den geringsten Kosten hergestellt werden sollen, werden sehr verschieden konstruiert und ausgeführt, je nachdem sie kleinere oder gröfsere Öffnungen zu überspannen und Bau-, Verkehrs- oder Kriegszwecken zu dienen haben. Geringe Weiten werden mit einfachen Balken überbrückt, welche man, wo nötig, durch hölzerne Zwischenjoche unterstützt. Bei gröfseren Spannweiten verstärkt man die Balken durch Unterlegen von Sattelhölzern, welche man wohl überdies durch einfache oder doppelte Kopfbänder auf die End- und Zwischenjoche abstützt. Auch armierte, durch eiserne Hängestangen unterstützte Balken kommen bei Weiten bis zu 10 m zur Anwendung, während man verzahnte oder verdübelte Balken wegen des hohen Grades von Genauigkeit, mit dem sie bearbeitet werden müssen, gewöhnlich vermeidet oder sie lediglich, wie bei den österreichischen Traggeländerbrücken, in Form von Rundstämmen verwendet, welche nur an einzelnen Stellen durch Zwischenklötze und Schrauben verbunden werden. Noch gröfsere Spannweiten überbrückt man mittels Sprengwerkträgern, seltener und nur dann, wenn die Brücke nicht breit ist und nicht schwer belastet wird, mittels Hängewerken. Zur Überbrückung der gröfsten Spannweiten verwendet man Fachwerkträger von möglichst einfacher Zusammensetzung, welche man je nach Bedarf über oder unter die Brückenbahn legt und wo nötig durch gehörig versteifte hölzerne Joche unterstützt. Die zu Bauzwecken erforderlichen zeitweiligen Brücken (Hilfsbrücken, Förderbrücken) können ihren geringeren Belastungen entsprechend schwächer und kunstloser hergestellt werden, als die einem Strafsen- oder gar einem Eisenbahnverkehr dienenden zeitweiligen Brücken. Die letzteren erfordern immerhin eine Konstruktion, welche Gefahren bei deren Betrieb ausschliefst und erhalten entweder einen minder tragfähigen, in geringeren Abständen unterstützten oder einen tragfähigeren, in gröfseren Abständen unterstützten Überbau. Zu den ersteren gehören die amerikanischen Gerüstbrücken *(trestle works)*, deren einfache Balkenträger durch zahlreiche Joche unterstützt werden, zu den letzteren die Sprengwerk- und Fachwerkbrücken, deren Träger auf weiter voneinander entfernten, aber stärkeren Jochen oder Pfeilern ruhen. Die zu Kriegszwecken dienenden Brücken erheischen in den meisten Fällen die rascheste Herstellungsweise und bezwecken entweder die Wieder-

---

Bauz. 1872, S. 174. — Provisorische Brücken bei Chatou und bei Croisy über die Seine (Fachwerke). Nouv. ann. de la constr. 1872, S. 34. — Provisorische Brücke über die Loire bei Saint Côme. Ann. industr. 1872, II. S. 646. — Marwa's Feldbrücken aus Eisenbahnmaterial und nach Art der Howe'schen Träger. Mitteil. des Art.- u. Genie-Wesens 1880, S. 54 und 1883, S. 9. — Russische Feldbrücke über den Schamrat-Kanal bei Kisil-Takir. Mitteil. d. Art.- u. Genie-Wesens 1884, 1. Heft. — Die Tätigkeit unserer Feld-Eisenbahn-Abteilungen im Kriege 1870/71. Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 53.

Sonstige zeitweilige Brücken: Weishaupt, Notbrücke beim Bau der grofsen Oderbrücke bei Schwedt. Zeitschr. f. Bauw. 1857, S. 210. — Schwedler und Hipp, Dienstbrücke für den Bau der Rheinbrücke bei Kehl. Zeitschr. f. Bauw. 1860, S. 13. — Mendra, Herstellung provisorischer Brücken. Nouv. ann. de la constr. 1867, S. 30. — Provisorische hölzerne Dienstbrücke der französ. Westbahn. Nouv. ann. de la constr. 1871, S. 90. — Provisorium neben der i. J. 1876 eingestürzten Elbebrücke bei Riesa (Howe'sche Fachwerke). Deutsche Bauz. 1877, S. 93. — Interimsbrücke neben der Enzbrücke bei Besigheim (hölzerne Joche auf Bohlenrosten). Allg. Bauz. 1878, S. 31. — Provisorische hölzerne Jochbrücke über den Marne-Rhein-Kanal bei Frouard. Ann. des ponts et chaussées 1878, Juni, S. 592. — Pohlmann, Provisorische Fahrstrafsen und Brücken beim Bau von Gebirgsbahnen. Deutsche Bauz. 1879, S. 529. — Transportable Holzbrücken von Markus. Landwirtschaftl. Wochenblatt 1879, S. 212.

[34]) Beispiele rascher Ausführung hölzerner Brücken: Ausführung einer Brücke mit Howe'schen Trägern in 21 Tagen. Scientific american 1876, Jan. S. 33. — Ausführung einer provisorischen hölzernen Brücke von 280 m Länge in 67 Stunden. Ann. des ponts et chaussées 1878, Mai, S. 444. — Ausführung eines Holzprovisoriums von 762 m Länge in 14 Tagen. Nouv. ann. de la constr. 1880, S. 102.

herstellung oder den Ersatz teilweise oder völlig zerstörter Brücken, welcher längere Zeit in Anspruch nimmt, oder sollen einen sofortigen Übergang über Flüsse und tiefe, den Vormarsch hemmende Schluchten ermöglichen. Diese von Pionieren im Felde geschlagenen Brücken unterscheiden sich von jenen ersteren dadurch, dafs sie aus mehreren, nicht zu schweren Teilen bestehen, welche sich auf Wagen verladen und verfahren, sowie an Ort und Stelle in kurzer Zeit aufstellen und hinreichend sicher verbinden lassen. Je nachdem die Brückendecke durch Böcke oder durch Pontons unterstützt wird, unterscheidet man die Bockbrücken und die Pontonbrücken. Zu deren Beförderung dient eine gewisse Zahl von Brückenequipagen, deren jede das Material zu einer Brücke von normaler Breite und 50 bis 60 m Länge enthält. Dieses Material besteht aus allen Bestandteilen der Brücke, aus den zu deren Fortschaffung nötigen Wagen, aus den Werkzeugen zur Aufstellung und Zusammensetzung, sowie zur Wiederherstellung jener Bestandteile und in einem Vorrate von fertigen Eisenteilen und zugerichteten Hölzern.

1. **Einfache einstweilige Balkenbrücken.** Dieselben bestehen, wie die endgiltigen einfachen Balkenbrücken aus je 2 bis 5 m weit entfernten hölzernen Jochen mit Holmen, auf denen Längsbalken ruhen, welche die Brückenbahn aufnehmen, unterscheiden sich jedoch von denselben durch möglichst ausgedehnte Verwendung unbeschlagener Hölzer und deren Verbindung mittels der einfachsten Fugenschnitte und Befestigungsmittel. Vor allem bestehen die Joche bei geringeren und gröfseren Höhen derselben aus durchgehenden oder aufgepfropften, innen senkrechten, aufsen geneigten Pfählen aus Rundholz, welche besonders in Flufsbetten hinreichend fest eingerammt und durch Kreuzbüge aus Halbholz oder aus starken Bohlen mittels Schrauben untereinander verbunden und ausgesteift werden müssen. Bei gröfseren Höhen der Joche müssen deren Pfähle überdies ein- oder mehreremale durch wagerechte Gurthölzer verbunden werden. Wo die Pfähle der Joche nicht tief genug im Boden stecken, um für sich standfest zu sein, sind die letzteren durch eine hinreichende Zahl von Kreuzbügen mit Schrauben auch unter sich zu verbinden. Auch die Träger der Brückenbahn werden, wo es auf Holzersparnis nicht ankommt, aus Rundholz hergestellt und nur an ihren Auflagern und da bearbeitet, wo sie die Querträger der Brückenbahn zu unterstützen haben. Die Brüstungen bleiben oft ganz weg oder werden nur an einer Seite angebracht. Ein Beispiel dieser Anordnung gibt die auf Taf. V, Abb. 12 u. 13 dargestellte Feldeisenbahnbrücke über die Seille bei Cheminot[35]), deren Pfahljoche tief eingerammt wurden und deshalb eine besondere Längsverbindung nicht erforderten. Da diese Brücke zugleich dem Eisenbahn- und Strafsenverkehr dienen sollte, so wurden die Tragbalken mit einer dichten Schwellenlage bedeckt und die beiderseitige Verbreiterung der Fahrbahn durch Bohlstücke bewirkt, welche auf hochkantig gestellten Halbhölzern ruhten. Bei der in Abb. 7 u. 8, Taf. V zum Teil dargestellten Feldeisenbahnbrücke über die Oise bei Chantilly[36]) ist aufser einer Querverbindung durch Kreuzbüge und wagerechte Gurthölzer eine Längsverbindung der je 3 m voneinander entfernten Joche mit einmal aufgepfropften Pfählen aus Rundholz angebracht worden, während alle übrigen Konstruktionsteile aus kantig geschnittenem Eichenholz bestanden. Um etwas gröfsere Spannweiten zu ermöglichen, werden die einfachen Balken entweder nur durch Sattelhölzer oder durch Sattelhölzer in Verbindung mit Kopfbändern unterstützt.

---

[35]) Deutsche Bauz. 1872, S. 120.

[36]) Deutsche Bauz. 1871, S. 233.

Abb. 5-28. Kriegs- und Notbrücken.

Abb. 1, 2. Amerikanische Eisenbahn-Gerüstbrücke M. 1:200.

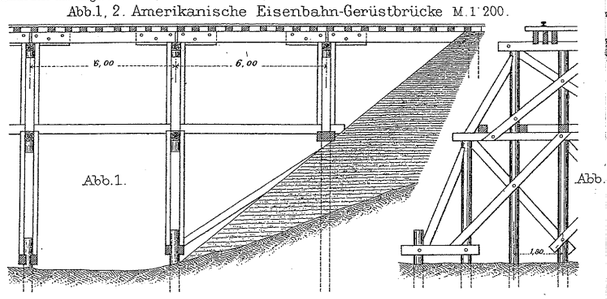


Abb. 3, 4. Hülfsstrafsenbrücke M. 1:200.

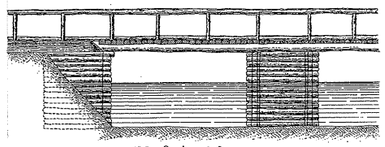


Abb. 3. Ansicht.

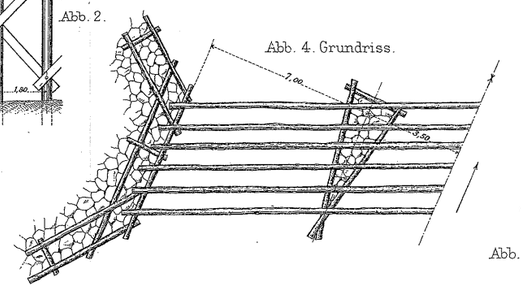


Abb. 18-20. Notbrücke über die Marne bei Villiers. M. 1:285.

Taf. V.

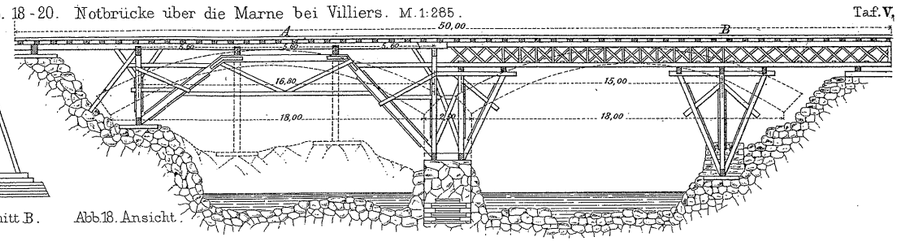


Abb. 18. Ansicht.

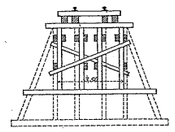


Abb. 19. Querschnitt A.

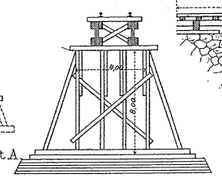


Abb. 20. Querschnitt B.

Abb. 5-8. Kriegsbrücke über d. Oise bei Chantilly. M. 1:250

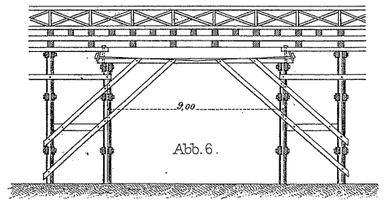


Abb. 5. Hauptansicht.

Abb. 7. Ansicht.

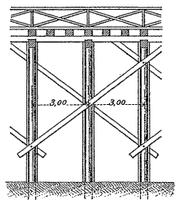


Abb. 8. Querschnitt.

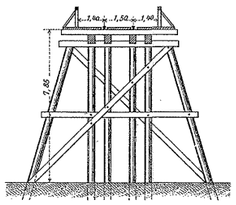


Abb. 11. Querschnitt am Ende.

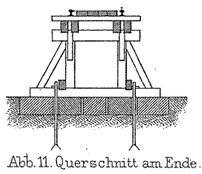


Abb. 9-11. Kriegsbrücke über die Mosel bei Pont à Mousson. M. 1:150.

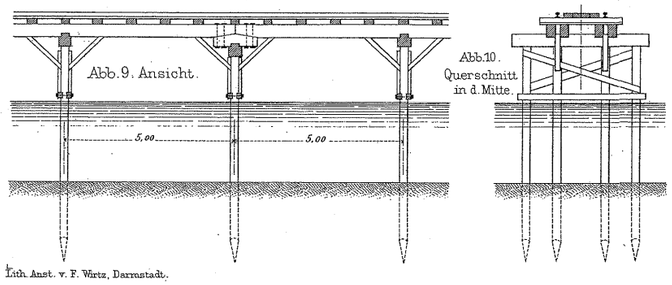


Abb. 12, 13. Kriegsbrücke über d. Seille bei Cheminot. M. 1:300.

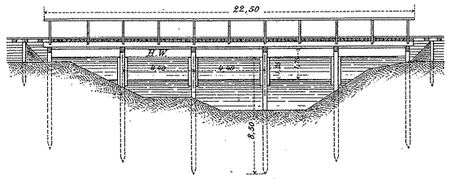


Abb. 12. Ansicht.

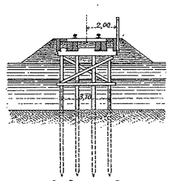


Abb. 13. Querschnitt.

Abb. 14-17. Kriegs-Fachwerkbrücken.

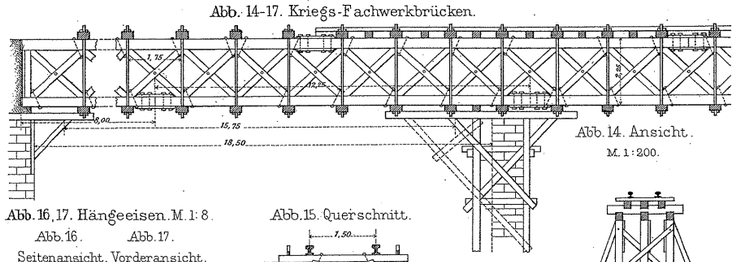


Abb. 14. Ansicht.
M. 1:200.

Abb. 16, 17. Hängeeisen. M. 1:8.

Abb. 16. Seitenansicht. Abb. 17. Vorderansicht.

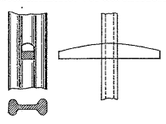
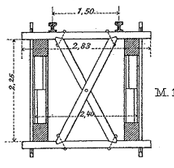


Abb. 15. Querschnitt.



M. 1:116.

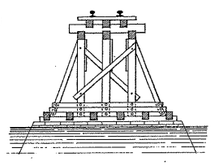


Abb. 28. Querschnitt.

Abb. 21-24. Notbrücke über die Marne bei Villiers. M. 1:285.

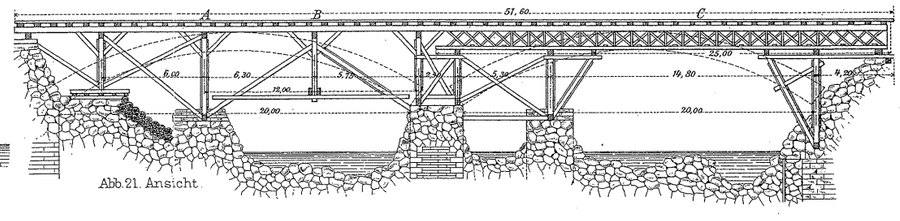


Abb. 21. Ansicht.

Abb. 22. Querschnitt B.

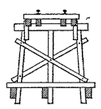


Abb. 23. Querschnitt A.

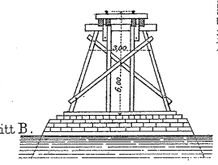


Abb. 24. Querschnitt C.
M. 1:100.

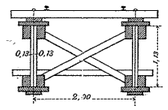


Abb. 25, 26. Notbrücke. Chaussee-Unterführung bei Bahnhof Mitry-Clay. M. 1:250.

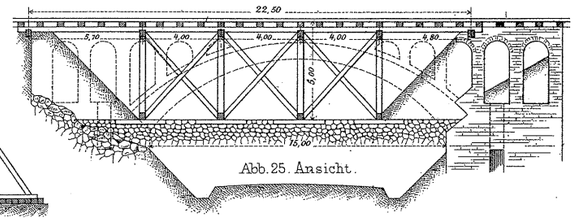


Abb. 25. Ansicht.

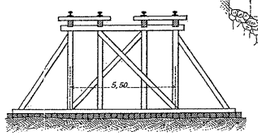


Abb. 26. Querschnitt.

Abb. 27, 28. Notbrücke über die Marne bei Froncles. M. 1:280.

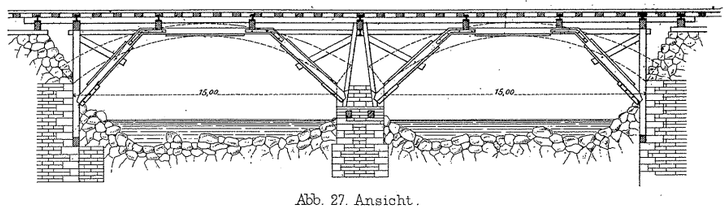


Abb. 27. Ansicht.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Ein Beispiel dieser Anordnung gibt die in Abb. 9 bis 11, Taf. V dargestellte Kriegsbrücke über die Mosel bei Pont à Mousson[37]), bei welcher die Joche aus etwa 2,2 m tief eingerammten Pfählen bestanden, welche oben durch Holme verbunden und in der aus den Abbildungen ersichtlichen Weise durch Kreuzbüge ausgesteift waren. Einige am Ufer befindliche Joche, bei welchen Pfähle wegen der Steinreste einer alten Buhne nicht eingerammt werden konnten, stellte man in der aus Abb. 11 ersichtlichen Weise auf Steinunterlagen und verankerte sie mit denselben. Die Tragbalken, bezw. ihre hölzernen Stofslaschen, waren mit den Jochholmen verkämmt, sowie durch einfache Kopfbänder unterstützt und nahmen die Querschwellen mit Fahrschienen und Bohlenbelag auf. Die ganze, etwa 88 m lange, auf 22 Jochen ruhende Brücke wurde in 14 Tagen ausgeführt, wurde jedoch durch spätere Unterwaschung der Pfähle bei Hochwasser unbrauchbar. Der hölzerne Jochbau empfiehlt sich daher nur da, wo die Ausführungszeit knapp und eine Lockerung der Pfähle nicht zu befürchten ist.

Bei der in Abb. 25 u. 26, Taf. V dargestellten Notbrücke bei Bahnhof Mitry-Clay, welche zum Ersatze für eine überwölbte gesprengte Brücke mit 15 m Spannweite hergestellt wurde, erhielten die vier aus Rundholz bestehenden Joche eine aus Steinschüttung und Bahnschwellen gebildete Unterlage, während sie selbst aus je vier Pfosten, Schwellen, Holmen und je zwei Streben zusammengesetzt waren (Abb. 26). Durch Kreuzstreben wurden die Joche normal und parallel zur Brückenachse in sich und unter sich versteift und mit unbeschlagenen Tragbalken belegt, welche die Querschwellen und Fahrschienen zweier Gleise aufzunehmen hatten.

Zeitweilige Strafsenbrücken mit Trägern aus Rundholz und Decklage aus Halbholz, deren End- und Zwischenjoche aus Rundhölzern mit Steinauspackungen bestehen, wie sie in Abb. 3 u. 4, Taf. V dargestellt sind, haben sich bei den vor Beginn des Baues der Mährisch-Schlesischen Zentralbahn und der Albrecht-Bahn in Ungarn erforderlichen Strafsen wegen der kurzen Bauzeit, sowie wegen der genügenden Festigkeit und Dauer als brauchbar erwiesen.[38])

2. Die amerikanischen Gerüstbrücken *(trestle works)*, so genannt von ihrem baugerüstartigen Aufbau, sind meist dazu bestimmt, Eisenbahnen über weite und tiefe Täler oder über Seen zu führen und hierbei lange und hohe Erddämme durch einen rascher ausführbaren und billigeren Unterbau zu ersetzen. Sie erhalten bei einem Überbau aus einfachen Balken, welcher meist durch Sattelhölzer in Verbindung mit Winkelbändern oder Streben unterstützt wird, je 3 bis 5 m voneinander entfernte einfache oder Doppeljoche, die durch Streben seitlich abgestützt und ihrer Höhe entsprechend an zwei oder mehreren Stellen sowohl nach der Breite, als auch nach der Länge der Brücke durch wagerechte Balken verbunden sind. Nicht allein die Wände, sondern auch die Böden der einzelnen hierdurch gebildeten, 2 bis 3 m hohen Stockwerke werden sodann durch Diagonalverbände aus Holz oder aus Holz und Eisen ausgesteift. Die Jochständer oder deren unterste Teile werden bei nachgiebigem Baugrund oder im Wasser eingerammt, bei festem Baugrund entweder auf einfache oder doppelte Grundschwellen oder auch auf gemauerte Sockel gestellt. Die Streben zur Unterstützung der Tragbalken des Überbaues reichen gewöhnlich durch das oberste Geschofs der Joche hindurch und stützen sich also auf deren obersten, durch die geneigten Jochständer und

[37]) Deutsche Bauz. 1872, S. 104 ff.

[38]) A. Pohlmann, Über Anlage provisorischer Fahrstrafsen und Brücken beim Bau von Gebirgsbahnen. Deutsche Bauz. 1879, S. 520 ff.

die Querbalken gebildeten Knoten. Die Brüstungen der Gerüstbrücken bestehen entweder aus einem mit den Stirnbalken verbundenen Fachwerk oder bleiben auch ganz weg. Abb. 1 u. 2 der Taf. V stellen eine Gerüstbrücke der Burlington- und Missouri-Eisenbahn in Nordamerika mit je 6 m voneinander entfernten Jochen ohne Kopfbänder dar. Unter die bedeutendsten amerikanischen Gerüstbrücken gehören der Dale-Creek-Viadukt in der Zentral-Pacific-Bahn und der Viadukt über den Credit in der Credittal-Bahn in Kanada[39]), welcher letztere zugleich in einer Kurve liegt. Eine von der New-Orleans- und Nordost-Eisenbahn i. J. 1883 erbaute, 34,6 km lange Holzgerüstbrücke führt über den Pontchartrain-See[40]) und über die nördlich und südlich an denselben grenzenden Sümpfe. Jedes Joch besteht aus vier Pfählen von Längen bis zu 18,3 m, während die Öffnung zwischen den Jochen je 3,96 m beträgt. Um dem verwendeten Holz eine möglichst lange Dauer zu verschaffen, wurde dasselbe trotz einer sehr erheblichen Verteuerung durchweg mit Kreosot getränkt.

3. Zeitweilige Brücken mit verstärkten Tragbalken. Wo einzelne oder durchweg gröfsere Öffnungen von je 8 bis 10 m zu überspannen sind, verwendet man starke, durch eiserne Zugstangen unterstützte (armierte) Balken, welche man durch entsprechende stärkere und hinlänglich versteifte Joche unterstützt. Ein Beispiel dieser Konstruktion gibt die an Stelle der aus drei Bogen von je 28 m bestehenden, im Jahre 1871 gesprengten Brücke über die Oise zwischen Chantilly und Creil erbaute zeitweilige Holzbrücke, deren gröfsere, für die Schiffahrt bestimmte Öffnung von 9 m Weite mittels armierter Balken in der durch Abb. 6, Taf. V dargestellten Weise überbrückt wurde. Diese Träger bestanden aus vier scharfkantig geschnittenen eichenen Längsbalken, von denen die oberen je 60/60 cm, die unteren je 30/30 cm stark waren und welche durch Rundeisenstangen unterstützt wurden. Die Jochständer waren aus Rundholz hergestellt und durch seitlich angeschraubte Streben unter sich und mit dem Überbau verbunden.

4. Traggeländerbrücken.[41]) Diese vorzugsweise in Österreich unter dem Namen „Knüppelbrücken“ ausgeführten Strafsenbrücken mit 10 bis 15 m Spannweite erhalten je zwei Träger aus je drei bis fünf Rundholzstämmen, welche — durch eingeschaltete Zwischenklötze getrennt und durch seitlich angeschraubte, schmiedeiserne Schienen zusammengehalten — annähernd als verdübelte Balken wirken. Die Querbalken, welche die Brückenbahn unterstützen, werden auf die untersten Längsbalken der Hauptträger gelegt und nehmen entweder nur einen Bohlenbelag oder einen solchen mit Beschotterung auf. Wo mehrere Öffnungen erforderlich sind, werden die Hauptträger durch hölzerne Joche unterstützt, deren Pfosten aus Rundholz bestehen und aufsen die beiden untersten Balken der Hauptträger umfassen, innen in die Querträger der Brückenbahn eingezapft sind. Durch Einschaltung von Sattelhölzern zwischen die Hauptträger und die beiden äufsersten Pfosten der Joche wird die Spannweite hier und da etwas vergröfsert. Eine Verbesserung haben diese Konstruktionen bei dem Bau einer Strafsenbrücke über die Lahn bei Biedenkopf dadurch erfahren, dafs jene Zwischenklötze in die Längsbalken eingelassen wurden, sich also nicht verschieben konnten und dafs statt jener angeschraubten schmiedeisernen Schienen eiserne Bänder angewendet wurden, welche die Hauptträger umschlossen, also nicht verschwächten.

---

[39]) Engng. 1880, 2. Sem. S. 87 u. 92.

[40]) Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 205.

[41]) Allg. Bauz. 1844, S. 18.

5. Zeitweilige Fachwerkbrücken. Die Träger dieser Brücken erhalten zur Vereinfachung ihrer Konstruktion einteilige, aus Balken von entsprechender Stärke bestehende Gurte, zwischen welche an den Enden schräg abgeschnittene Streben eingeschaltet werden; Gurte und Streben werden durch Schrauben verbunden, also gegen Verschiebung gesichert. Das Zusammenpressen dieser Teile geschieht dann durch einfache Hängeeisen, welche man durch in gleichen Entfernungen auf den Obergurt und unter den Untergurt befestigte Querbalken hindurch steckt und meist nur durch Keile anzieht. Wo es sich, wie bei den Kriegsbrücken, um die einfachste Herstellung, um leichte Zerlegbarkeit und Verladung, um die Möglichkeit einer Verlängerung oder Verkürzung solcher Träger handelt, können Anordnungen wie an dem auf Taf. V, Abb. 14 bis 17 dargestellten Fachwerkträger für Feldeisenbahnbrücken Anwendung finden. Zu den Gurten sind auch hier starke kantige Balken, zu den gekreuzten Streben Bahnschwellen, Halbholz oder starke Bohlen, zu den Hängeeisen alte Bahnschienen (Abb. 16, 17), Rund- oder Bandeisen verwendet, welche oben und unten mit Löchern für Splinte oder Keile versehen sind. Die einzelnen Gurtstücke sind durch Laschen und Bolzen verbunden. Um auch eine leichte Aufstellung der Träger zu ermöglichen, dürfte eine Spannweite derselben von 18 bis 20 **m** nicht zu überschreiten und, wo gröfsere Weiten als solche zu überbrücken sind, die Anwendung von Zwischenjochen geboten sein.

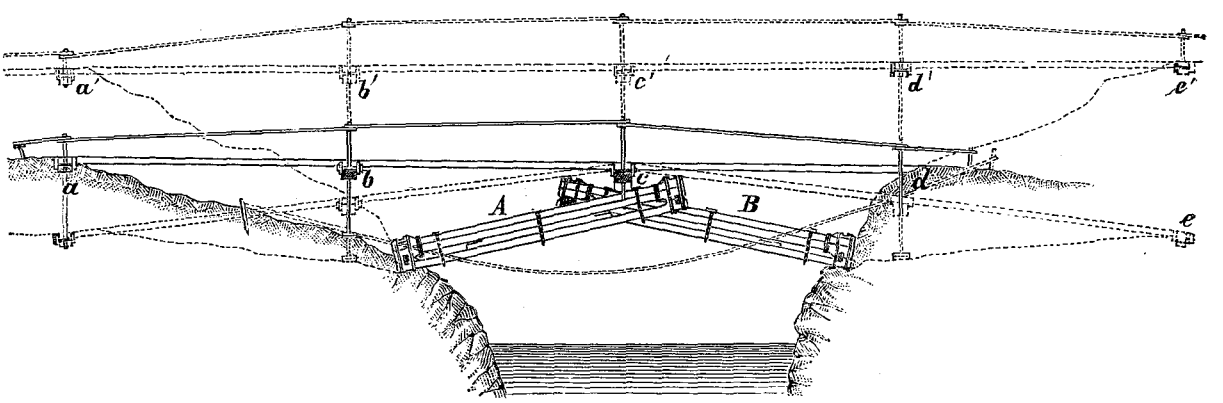
Die Anwendung von Fachwerkträgern zur Überbrückung von gesprengten, früher überwölbten Öffnungen mit 20 und 18 **m** Lichtweite zeigen die Abb. 18 bis 20 und 21 bis 24 auf Taf. V, welche zwei Notbrücken über die Marne bei Villiers darstellen. Die bis in gröfsere Tiefe zertrümmerten Pfeiler wurden aufgemauert und mit bezw. 15 und 14,8 **m** entfernten Pfahljochen besetzt, welche durch Verkreuzungen aus Telegraphenstangen normal und parallel zur Brückenachse abgesteift und deren freie Weiten durch auslegerartige Unterstützungen auf je 10 **m** eingeschränkt wurden. Auf die Horizontalbalken der letzteren waren die Querschwellen gelegt, über welche die fertig vorgefundenen Fachwerkträger als fest verbundenes System mit Hilfe einfacher Rüstungen und einer Lokomotive an ihre Lagerstelle gerollt wurden. Die beiden übrigen Öffnungen dieser Brücken wurden mittels einfacher Jochbrücken überbaut; deren Joche wurden unter sich gehörig verstrebt, durch Kreuzhölzer ausgesteift (Abb. 19, 20 und 22, 23) und mit Holmen, auf denen die Tragbalken nebst Querschwellen und Fahrschienen ruhten (Abb. 18 und 21 links), versehen.

6. Zeitweilige Sprengwerkbrücken. An Stellen, wo bei verhältnismäfsig grofser Konstruktionshöhe in Entfernungen von 10 bis 15 **m** sichere Stützpunkte gegeben oder leicht herzustellen sind, können auch Sprengwerke zur Verwendung kommen, wenn dieselben gehörig ausgesteift und hierdurch vor Verschiebung gesichert werden. Da die Tragrippen dieser Brücken je nach ihrer Spannweite aus je zwei Streben ohne oder mit Spannriegel bestehen, so sind dieselben, besonders in Ermangelung starker Bauhölzer von gröfserer Länge, bequem her- und aufzustellen und eignen sich daher auch zu Kriegsbrücken, welche unter den erwähnten Umständen möglichst rasch auszuführen sind. Ein Beispiel gibt die auf Taf. V, Abb. 27, 28 dargestellte Feldeisenbahnbrücke bei Froncles[42]), welche an Stelle einer gewölbten, von den Franzosen gesprengten Brücke über die Marne mit zwei Öffnungen von je 15 **m** errichtet wurde. Hierbei waren die Landpfeiler noch geeignet, Widerlager für Sprengwerke zu bilden und in vorhandenen starken kurzen Eichenstämmen war Material zur Herstellung der letzteren geboten. Um

[42]) Deutsche Bauz. 1872, S. 73.

eine Verschiebung des ganzen Systems zu verhindern, wurde das aufzustellende Mitteljoch in Dreiecksform angeordnet und der Überbau durch Dreiecksverbände in der dargestellten Weise möglichst ausgesteift. Die Zangen, welche die Hauptteile der Sprengwerke und Stützjoche mittels Verkämmung und Bolzen untereinander verbanden, bestanden aus Kreuzhölzern oder starken Bohlen, während die Querkreuze an den Hauptstreben, Spannriegeln und Pfahlwänden aus Telegraphenstangen hergestellt und in ähnlicher Weise befestigt waren. Die Endjoche standen auf den Grundmauerabsätzen der gesprengten Widerlagpfeiler, während der bis unter Wasser zerstörte Zwischenpfeiler wieder genügend aufgemauert wurde, um das Zwischenjoch aufnehmen zu können. Die Aufstellung der Sprengwerke wurde durch je sechs Flaschenzüge, welche an einem durchgehenden Tragbalken befestigt waren, derart bewirkt, dafs die beiden Streben jeder Tragrippe mit dem Spannriegel gleichzeitig aufgewunden und schwebend aneinandergefügt wurden. Die Tragbalken waren aus Rundholz hergestellt, auf dem die Schwellen mit Hilfe von untergelegten Brettstücken in die richtige Lage gebracht und festgenagelt wurden. Einer Verschiebung der beiden gegeneinander geneigten Pfosten des Zwischenjoches durch den Seitendruck der Streben, welche bei starken Belastungen der Sprengwerke anfangs eingetreten war, wurde später durch teilweise Ausmauerung des zwischen denselben befindlichen Zwischenraumes vorgebeugt.

Abb. 101.



Aufser diesen festen Sprengwerkbrücken kommen im Felddienste bewegliche Sprengwerke, welche je vier aus mehreren Balken zusammengesetzte Streben besitzen, besonders da zur Anwendung, wo ein Übergang über einen Bach oder tiefen Graben von 8 bis 12 m Spannweite in gröfserer oder kleinerer Höhe sofort hergestellt werden soll. Zwei Strebenpaare *A*, *B*, für welche an den Ufern feste Stützpunkte zu schaffen sind, werden der Örtlichkeit entsprechend mehr oder minder steil in Scherenform hintereinander aufgestellt und an ihren Enden durch zwei zwischen sie eingeschaltete Querbalken verbunden (Abb. 101). Über die Kreuzungsstelle *c* der Strebenpaare wird eine Bockschwelle gelegt, welche nebst den Landschwellen *a*, *b*, *d*, *e* zur Unterstützung der Brückenbahn dient. Die letztere kann hierbei unmittelbar auf jene Schwellen oder vermittelst eiserner Stangen, welche die beiden Enden jener Schwellen durchsetzen und lotrecht verschoben werden können, um 1 bis 2 m höher gelegt werden (siehe *a' b' c' d' e'* der Abbildung). In beiden Fällen kann die Brückenbahn eine wagerechte oder eine von beiden Enden nach der Mitte hin ansteigende, in der Abbildung punktierte Lage erhalten. Jene lotrechten Stangen werden an ihren unteren Teilen, wo sie die Stützen der Brückenbahn bilden, durch Vorsteckscheiben verstärkt, damit sie

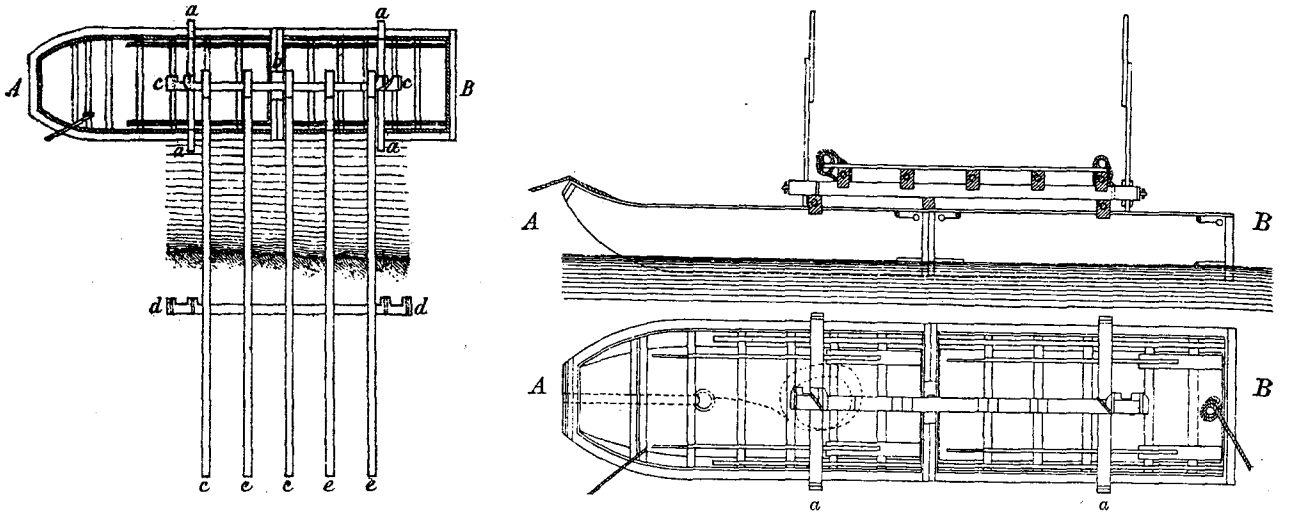
bei belasteter Brücke nicht in den Boden einsinken können, während ihre oberen, über die Brückenbahn hervorragenden Teile als Geländerpfosten dienen und miteinander durch leichte eiserne Handschienen verbunden werden.

Wo die vorhandene Konstruktionshöhe nicht ausreicht, um Sprengwerke unter die Brückenbahn zu legen, hängt man die letztere, insbesondere bei Arbeits- und Transportbrücken, auch wohl auf, wobei man sich des Rundholzes zu Balken, Streben und Spannriegeln, des gewöhnlichen Rundeisens zu den Hängestangen bedient und steift diese Hängewerke mittels Seitenstreben gegen beiderseits hervorragende Querbalken der Brückenbahn ab.

7. Bockbrücken. Die aus einer hinreichenden Zahl von Streckbäumen mit einer Lage von Querbohlen bestehende Brückenbahn wird durch Böcke unterstützt, welche oben aus einem starken Querbalken (Bockschwelle) bestehen, durch dessen Enden geneigte Füfse gesteckt sind. Um ein Eindrücken der Böcke in den Boden zu verhindern, werden unten auf die Füfse zugeschärfte Vorsteckscheiben so gesteckt, dafs deren Schneiden stromaufwärts gerichtet sind, während sie oben durch Hängeketten mit den bereits erwähnten Querbalken fest verbunden werden. Die Streckbäume der Brückenbahn sind an den Enden mit Kämmen versehen, womit sie in die Querbalken der Böcke, sowie in die auf das Ufer verlegte Landschwelle eingehakt werden.

Die Aufstellung der Böcke erfolgt mittels der aus zwei gekuppelten Pontons bestehenden sogenannten Einbaumaschine, welche am Ufer zusammengesetzt und dann so in die Brückenachse eingefahren wird, dafs die Pontons mit den Schnäbeln gegen den Strom stehen. Von den Verbindungsbalken der beiden Pontons, welche auf deren Borden ruhen und mit denselben durch Schnüre verbunden werden, läfst man landwärts zwei vorstehen; auf diese wird die Bockschwelle symmetrisch zur Brückenachse so gelegt, dafs die der jeweiligen Wassertiefe entsprechenden Bockfüfse von der Seite durch deren schräge Öffnungen (Coulissen) soweit vorgeschoben werden können, dafs die oben erwähnten Vorsteckscheiben beim späteren Aufrichten des Bockes den Wasserspiegel kaum berühren. Nachdem sodann die Vorsteckscheiben aufgesteckt und die Hängeketten an die oberen Teile der Füfse angehängt sind, wird der Bock aufgerichtet, worauf die Streckbäume der ersten Brückenöffnung in die Bockschwelle eingehakt werden. Mit Hilfe dieser Streckbäume schiebt man sodann die ganze Einbaumaschine in dem Flusse soweit vor, dafs sie mit ihren hinteren Enden in die Landschwelle eingehakt werden können. Nunmehr läfst man die Füfse des Bockes auf die Flufssohle hinab, treibt sie mit Schlägeln ein und zieht sodann die Hängeketten durch die an der Bockschwelle befestigten Tragringe. Das erste Brückenglied wird nun zum Transport der übrigen Brückenteile mit Bohlen belegt, die Einbaumaschine frei gemacht, der zweite Bock eingebaut, aufgerichtet und mit den Streckbäumen des zweiten Brückengliedes weiter geschoben. Hiernach setzt man die Füfse und macht die Einbaumaschine ebenso frei, wie nach der Aufstellung des ersten Bockes. Auf dieselbe Weise werden alle weiterhin nötigen Böcke aufgesetzt und alle Glieder der Brückenbahn hergestellt. Von der mehr oder minder starken Strömung des Wassers hängt es ab, wie die Pontons der Einbaumaschine an der erforderlichen Stellung in der Brückenachse festzuhalten sind. In der Nähe der Ufer genügen gewöhnlich mehrere, mittels Pflöcken an den Boden befestigte Ziehleinen zur Befestigung der Einbaumaschine, während sie in der Mitte des Stromes durch Anker gehalten werden mufs.

Abb. 102.



8. Pontonbrücken. Die zur Unterstützung der Brückenbahn dienenden Pontons werden aus zwei oder mehreren Stücken zusammengesetzt, von denen die sogenannten Schnabelstücke vorn etwas zugeschärft, hinten mittels senkrechter Wände abgeschlossen sind, während die Mittelstücke vorn und hinten in letzterer Weise abgeschlossen werden. Zum Befestigen der Streckbäume auf den Borden der Seitenwände sind in deren Innerem die Schnürlatten, zur Befestigung des Ankertaues die Ankerriegel, zur Befestigung des Windankertaues die Ankerleisten angebracht, während sie aufserdem mit den Vorrichtungen zu ihrer Verbindung und zu ihrer Befestigung auf den Pontonwagen und mit den zum Fortbewegen, Lenken und Feststellen erforderlichen Gerätschaften versehen sind. Um die Streckbäume der einzelnen Brückenglieder auf dem Ponton lagern zu können, wird auf jeder Seite der herzustellenden Brückenbahn ein Unterlagriegel *a* über die beiden Borde, ein Unterlagklotz *b* auf die Querwände gelegt (Abb. 102), mit welchen die beiden Teile *A* und *B* des Pontons verbunden sind, und eine Lagerschwelle *c c* auf jenen Unterlagen befestigt. Zu einer Ein- und Feststellung erhält jedes Ponton zwei Schnürleinen. Wenn alle Pontons in dieser Weise ausgerüstet sind, so werden sie zunächst an einem Ufer von oben nach unten so geordnet und aufgestellt, dafs sich die mit Anker versehenen Pontons bei oder oberhalb der Ankerlinie, die übrigen Pontons unterhalb der Brückenstelle befinden. Hiernach wird das erste Ponton in die Brückenachse geführt und in der Nähe des Ufers parallel zur Stromrichtung so eingestellt, dafs die Streckbäume *e e* des ersten Brückengliedes vom Lande aus den in dem Ponton stehenden Pionieren gereicht und von diesen in die Einschnitte der zuvor erwähnten Lagerschwelle *c c* eingehakt werden können. Ist dies geschehen, so wird das Ponton so weit in den Flufs vorgeschoben, bis die hinteren Enden der Streckbäume in die Landschwelle eingehakt sind. Erst dann wird dem Ponton die richtige Stellung mittels der Ziehleinen gegeben, welche nun fest um die in die Uferwände eingeschlagenen Pflöcke geschlungen werden. Hiernach werden die Streckbäume mit Bohlen belegt, um vom Lande aus die zum Weiterbau erforderlichen Brückenteile herbeischaffen zu können. Mufs das zweite Ponton durch einen Anker festgehalten werden, so wird der letztere in die Ankerlinie geworfen und man läfst das Ponton an dem Ankertau so lang abwärts treiben, bis es sich zugleich in der Brückenachse und in einer solchen Entfernung von dem ersten Ponton befindet, dafs die Streckbäume des zweiten Brückengliedes von dem bereits fertigen Teil der Brückenbahn aus hinüber gereicht

und in seine Lagerschwelle eingehakt werden können. Dann erst schiebt man das zweite Ponton so weit vor, dafs die Streckbäume des zweiten Brückengliedes in die Lagerschwelle des ersten Pontons eingehakt und zuletzt mit den Bohlen der Brückenbahn belegt werden können.

§ 16. Ausführung der hölzernen Brücken. Die Ausführung der hölzernen Brücken zerfällt in einen technischen und in einen geschäftlichen Teil; wegen des letzteren wird auf das dritte Kapitel von Band I verwiesen. Die technische Ausführung der hölzernen Brücken erstreckt sich im allgemeinen auf die Ausführung der Zimmerarbeiten und der damit verbundenen Eisen- und Maurerarbeiten, insbesondere auf die Herstellung des Grundmauerwerkes und der Stützen, des Überbaues, sowie der Köpfe anschliefsender Dämme.

1. Technische Ausführung im allgemeinen. Alles zu verwendende Kiefern-, Tannen- und Eichenholz mufs der in den Vertragsbedingungen näher zu bezeichnenden Eigenschaft entsprechen, insbesondere gerade gewachsen, von fester, dichter Beschaffenheit und bei Herstellung vollkantiger Balken und Bohlen von durchweg hinreichender Stärke sein, auch von dem Übernehmer, insoweit die Stücke nicht zu Joch-, Rost- oder Leitpfählen verwendet werden, sogleich beschlagen und aufgehölzt werden. Geschnittenes Holz ist nur für Spundpfähle zulässig, krummes, verdrehtes oder angefaultes Holz von der Verwendung ganz ausgeschlossen. Das Zurichten und Abbinden, sowie die Anfertigung der Kämme, Überblattungen, Versatzungen, Zapfen und übrigen Verbindungen hat gewöhnlich nach vorgelegter Einzelzeichnung und mündlicher Angabe zu geschehen. Die zu den Rüstungen wie zu Lehr- und Versetzgerüsten nötigen Hölzer werden meist unter der Bedingung ihrer späteren Zurücknahme veranschlagt und vergeben, das Einrammen der Leitpfähle und Spundbohlen, sowie die Befestigung der Zangen bei kleineren Bauwerken oder bei schwierigerem wechselnden Untergrund, gleich dem Wasserschöpfen, mitunter von der Verwaltung selbst ausgeführt. Mit beiden Arbeiten ist nicht eher zu beginnen, als bis sämtliche zur Gründung erforderlichen Materialien und Apparate auf die Baustelle geschafft und abgenommen worden sind. Die Pfähle werden in dem Pfahlrostplan mit Nummern versehen und in das Rammregister eingetragen.

Zu sämtlichen Schmiede- und Schlosserarbeiten, als Ankern, Dübeln, Klammern, Zugstangen und Schraubenbolzen ist nur zähes, kalt und warm biegsames Eisen von dichtem und feinem Korn zu verwenden. Alle Schmiedearbeiten sind möglichst ohne Anwendung der Feile zu vollenden, die Köpfe und Muttern der Schrauben, sowie die Gewinde scharf und gleichmäfsig zu schneiden. Alle erforderlichen Gufsstücke, wie Lagerplatten, Lagerschuhe und Laschenplatten sind mit vollen Kanten und reiner ebener Oberfläche genau nach den vorgeschriebenen Abmessungen zu liefern. Das Einlassen der Eisenteile in das Holzwerk, welches an der richtigen Stelle und sauber geschehen mufs, liegt meist dem Übernehmer der Zimmerarbeit, jedoch unter Beihilfe des Übernehmers der Schlosserarbeit ob und ist in dem Einheitspreise der verschiedenen Zimmer- und Eisenarbeiten inbegriffen.

In den meisten Fällen, wenn es sich um rasche Herstellung der hölzernen Brücken, zumal auf unzuverlässigem Baugrunde, handelt, werden die End- und Zwischenjoche aus Holz hergestellt. Wo aber die Bauzeit eine weniger kurz bemessene und der Baugrund zuverlässiger ist, zieht man einen dauerhafteren Unter- und Stützenbau vor. Die alsdann erforderlichen Maurerarbeiten erstrecken sich besonders auf die Herstellung

von Endpfeilern und von Sockeln für die Zwischenpfeiler, welche an die Stelle derjenigen Teile der Holzjoche und Holzpfeiler treten, die der Fäulnis am meisten ausgesetzt sind. Die meist niedrigen Endpfeiler werden — sowohl zum Schutze ihres Mauerkörpers, als auch zum Zweck einer guten Auflagerung der Balkenenden des Überbaues — am zweckmäfsigsten mit kräftigen Deckplatten abgedeckt, auf welche die aus Eichenholz bestehenden, einfachen oder doppelten Mauerschwellen gelegt und befestigt werden. Um dem Wasser genügenden Abzug und der Luft freien Zutritt zu gestatten, werden die Deckplatten unter allen jenen Stellen der Mauerschwellen, welche einen Druck durch die Balken des Überbaues nicht erleiden, vertieft und mit Gefälle nach der Leibung hin bearbeitet. Auf der Rückseite und da, wo sie den Dammkopf oben abschliefsen, erhalten die Endpfeiler die gewöhnliche, mit Zement verwahrte Abwässerung (Taf. III, Abb. 8 u. 24). Wo — wie bei manchen, über reifsende Gewässer führenden Balken- und Sprengwerkbrücken — die Zwischenpfeiler durchgeführt werden, erfordern dieselben die im Kapitel II des Bandes I erörterte Anordnung und Ausführung. Einen derartigen Zwischenpfeiler zeigen die Abb. 23 u. 24 der Taf. III, welche die Unterstützung sowohl der wagerechten Brückenbalken, als auch der Streben bezw. durch Deckplatten und Kämpferquader darstellen. Wo nur die Sockel aus Mauerwerk hergestellt werden, auf welchem der hölzerne Aufbau ruht, deckt man dieselben aus den angegebenen Gründen ebenfalls am besten mit Deckplatten und Deckquadern ab, mit welchen letzteren die Mauerschwellen oder die gufseisernen Schuhe der hölzernen Pfeileraufsätze verbolzt werden. Wo — wie bei hohen Pfeileraufsätzen, welche vom Windstofs stark angegriffen werden — besondere Verankerungen nötig werden, sind in dem Sockelmauerwerk die geeigneten Mauerschächte und Verankerungskammern herzustellen.

2. Ausführung der Fundamente und Stützen. Vor oder mit Beginn der Ausführung der Fundamente ist — wo nicht bereits durch ähnliche, in genügender Nähe ausgeführte Bauten die Tragfähigkeit des Bodens mit hinreichender Sicherheit ermittelt ist — eine Untersuchung des Baugrundes erforderlich, welche sich je nach der Beschaffenheit desselben auf geringere oder gröfsere Tiefen zu erstrecken hat. Ausführlichere Angaben hierüber finden sich im I. Teile dieses Werkes, Kapitel „Grundbau“, wo auch zugleich die Mittel zur Untersuchung des Baugrundes auf seine Beschaffenheit und mechanische Widerstandsfähigkeit ausführlich angegeben sind.

Werden das Grundmauerwerk und die Pfeiler aus Stein aufgeführt, so erfolgt deren Herstellung nach den unter 1. gemachten Angaben. Werden dieselben aus Holz hergestellt, so werden entweder Rundpfähle hinreichend tief eingerammt oder, wenn der Boden dies zuläfst, Schwellroste von der erforderlichen Ausdehnung gelegt. Die Pfähle werden mehr oder weniger tief geschlagen, je nachdem sie einem Grundjoche angehören oder ein Pfahljoch bilden sollen. Im ersteren Falle kann die Grundschwelle der Pfähle etwa 0,6 m unter dem niedrigsten Wasserstand, im letzteren Falle soll die Kopfschwelle der Pfähle etwa 0,25 m über dem höchsten Wasserstand angebracht werden. Hierbei ist die Beschaffenheit des zu den Pfählen zu verwendenden Holzes, die Art und Weise ihrer Verwendung und Ausrüstung, die erforderliche Länge, Stärke und Tragfähigkeit derselben, sowie das Verfahren des Einrammens zu berücksichtigen.

Bei Bestimmung der Zahl jener Pfähle ist anzunehmen, dafs die auf den Pfahlquerschnitt treffende Pressung des Quadratzentimeters 30 kg nicht übersteige und es ist diese Zahl je nach Umständen noch entsprechend zu vermindern.

Um die Grundschwelle zu befestigen, werden die Pfähle der Grundjoche über Wasser mit einer Säge wagerecht abgeschnitten, hierauf in der Tiefe, in welcher die Schwelle liegen soll, mittels einer wagerecht geführten Grundsäge bis auf die Dicke der Zapfen von beiden Seiten wagerecht eingeschnitten, worauf die Zapfen ausgearbeitet, nach Einsenken der Grundschwelle von oben verkeilt und zuletzt über der Schwelle wagerecht abgeschnitten werden. Zum Anschneiden der Zapfen eignet sich am besten eine Grundsäge mit geradem Blatt, welche mittels zweier an Ringen befestigten Zugseile hin und herbewegt wird. Die Herstellung der aufgesetzten Joche, deren Aufstellung und Befestigung auf den Grundjochen bietet, ebenso wie das Aufzapfen der Kapphölzer, die Befestigung der wagerechten Zangen u. s. w., bei den durchgehenden Jochen Schwierigkeiten nicht dar und erfordert auch besondere Gerüste nicht.

3. Ausführung des Überbaues. Die Ausführung des Überbaues gestaltet sich verschieden, je nachdem derselbe einer Balken-, Fachwerk- oder Sprengwerkbrücke angehört. Unter den ersteren erfordern die Brücken mit verzahnten oder verdübelten Balken, wenn sie die nötige Tragfähigkeit entwickeln sollen, nicht nur ein sorgfältiges Beschlagen der Balken, eine genaue Bearbeitung der Futterbretter, der Einschnitte für die Zähne oder Dübel und dieser selbst, sondern auch eine genaue Zusammensetzung, Verschraubung und Verkeilung der Balken unter sich. In den meisten Fällen wird zur Ersparung von Gerüsten ein Überschieben oder auch ein Aufziehen der fertiggestellten Balkenträger auf die Joche vorgenommen.

Bei Herstellung der Fachwerkbrücken nach Howe'schem System sind behufs inniger Verbindung der einzelnen Teile sämtliche Hölzer sauber zu beschlagen und zu bearbeiten und so zusammenzusetzen, dafs beim Anziehen der Zugstangenmuttern die beabsichtigte Tragfähigkeit des Fachwerkes erreicht wird. Insbesondere sind die Gegenstreben, da sie einem Zuge nicht widerstehen können, in den zeitweilig belasteten Träger so einzusetzen, dafs sie nach dem Anziehen jener Schraubenmuttern eine künstliche Druckspannung annehmen, welche durch die eintretende gröfste Verkehrsbelastung höchstens den Wert Null erreichen darf (vergl. § 9). Übertrifft nämlich die erwähnte zeitweilige die gröfste tatsächliche Belastung, so erreichen in den rautenförmigen Feldern der durchgebogenen Fachwerkträger diejenigen Diagonalen, welche die Gegenstreben bilden, ihre gröfste Länge. Werden die Gegenstreben hiernach abgelängt und eingesetzt, so nehmen sie bei einer Entlastung und bei dem Anziehen der lotrechten Zuganker des Trägers, wodurch die rechteckige Form der Felder wieder hergestellt, bezw. die Länge jener Diagonalen vermindert wird, eine Druckspannung an, welche unter der tatsächlich eintretenden gröfsten Belastung nicht völlig verschwindet. Bei kleineren Spannweiten und niedrigen Jochen erscheint ein Aufziehen der ganz oder zum Teil fertiggestellten Fachwerke auf die Joche, bei gröfseren Spannweiten und niedrigeren Jochen eine Zusammensetzung auf einfachen Gerüsten, bei hohen Jochen und mehreren Öffnungen ein wagerechtes Überschieben der durchlaufend (kontinuierlich) gebauten Träger zweckmäfsig.

Bei Herstellung der Sprengwerkbrücken mit steinernen Pfeilern sind die je nach dem Druck 2,5 bis 5 cm starken gufseisernen Stützplatten zur besseren Verteilung des Druckes mit einer je 1 cm starken Zementschicht oder mit einer 0,3 cm starken Bleiplatte zu unterlegen und deren Steinbolzen mit Blei zu vergiefsen. Nach Befestigung der Stützplatten werden die auf dem Rüstboden ganz oder teilweise zusammengesetzten Tragrippen einzeln aufgewunden, genau lotrecht aufgestellt und dann durch die Querschwellen und Windkreuze verbunden. Wo die Streckbäume und Spannriegel der

Tragrippen verbunden werden, ist das für Balkenbrücken geeignetste System der Verzahnung oder Verdübelung anzuwenden und mit derselben Genauigkeit auszuführen wie bei diesen (vergl. § 5).

4. Herstellung der Brückenbahn. Bei Ausführung der Bahn von Eisenbahnbrücken, die in den meisten Fällen nur aus Quer- und Langschwellen, welche die Fahrschienen aufnehmen, sowie aus Bohlenbelag besteht, ist das Befestigen der Querschwellen auf den einfachen oder verdübelten Balken der Balken- und Sprengwerkbrücken, sowie auf den Ober- oder Untergurten der Fachwerkbrücken vorzunehmen. Wo Langschwellen angewandt werden, sind dieselben in die Querschwellen einzulassen und mit denselben durch Schrauben zu verbinden, deren Köpfe unter dem Fufse der Fahrschienen in die Langschwellen versenkt werden. Sollen die Querschwellen auf den Untergurten und in nicht zu grofsen Entfernungen voneinander liegen, so werden die Längsbohlen oben abgekantet und mit offenen, etwa je 1 cm weiten Fugen auf die Querschwellen genagelt. Bei oben liegender Fahrbahn hat dies meist nur zwischen den Langschwellen zu geschehen, dagegen werden die Fufswege mit vorspringenden Querbohlen abgedeckt, die man auf je zwei schwache Langschwellen nagelt und hierbei des Wasserablaufs wegen mit einer geringen Neigung nach aufsen versieht. Von letzteren wird die innere meist mit den Langschwellen der Fahrschiene, die äufsere mit den an die Querschwellen geschraubten Geländerpfosten verbolzt. Diese Pfosten hat man durch Zapfen mit den Holmen und durch Überblattung mit einfachen Brustriegeln zu verbinden. Zur Vermeidung von Feuersgefahr wird meist nur der zwischen den Fahrschienen befindliche Teil der Brückenbahn mit Kies bedeckt, während man die übrigen Fahrbahnteile möglichst der Luft und dem Licht aussetzt, um deren Besichtigung zu erleichtern und die Ausbesserungsarbeiten tunlichst zu beschränken.

Wenn die Ableitung des Wassers in Verbindung mit einer Trockenhaltung der Träger durch einen einfachen oder doppelten Belag aus nach oben gekrümmten und beiderseits weit ausladenden Bohlen erreicht werden soll, so sind zuerst geeignete Unterlagklötzchen zu befestigen, auf welche sodann die Quer- und Langschwellen genagelt werden. Die Fahrschienen sind auf diesem Bohlenbelag anzubringen, die Geländerpfosten, welche den Belag durchsetzen, mit den Querschwellen zu verzapfen.

Die Ausführung der Bahn von Strafsenbrücken gestaltet sich sehr einfach, wenn nur ein einfacher oder doppelter Belag von Bohlen angewandt wird, welchen man senkrecht zu denselben auf die Längsbalken nagelt, und die letzteren mit den Querbalken verkämmt und verbolzt. Die Bohlen sind hierbei möglichst dicht und, der Wasserableitung wegen, mit einer durch entsprechende Unterlagklötzchen hergestellten Krümmung zu verlegen. Bei Anwendung von Beschotterung, welche eine sehr starke Unterlage erfordert, kann man die letztere mit den Strafsenträgern verschrauben. Die zum Abschlufs der Beschotterung auf beiden Seiten nötigen Saumschwellen sind durch lotrechte und wagerechte Schrauben bezw. mit den Stirnbalken und Geländerpfosten zu verbinden (Taf. III, Abb. 12 u. 13), und die letzteren mittels einer zweiten, durch den Stirnbalken gezogenen Schraube gegen Drehung zu schützen. Die Brüstung hat man, wie bei den Eisenbahnbrücken, nur etwas kräftiger zu halten und eines vollkommeneren seitlichen Abschlusses wegen zwischen die Pfosten mindestens zwei Brustriegel einzuziehen.

Damit die durch den Schotter dringende Feuchtigkeit eine Fäulnis des Bohlenbelags wenigstens nicht allzu rasch herbeiführt, schützt man denselben wohl durch eine aus Kies, Sand, Steinkohlenpech und Teer bestehende Lage von Teerkonkret, welche

man der besseren Dichtung wegen überdies mit einer Lage von zähem Asphalt überzieht.[43]) Der Kies oder Steinkleinschlag wird hierbei mit dem Sande vermengt, in geeigneten Pfannen erwärmt und mit der in einem anderen Gefäfse geschmolzenen Mischung von Pech und Teer wie Beton vermischt und durchgearbeitet. Dieses Gemisch wird bei trockenem Wetter auf den mit etwa 1,5 cm weiten Fugen verlegten Bohlenbelag in einer Schichte so hoch aufgetragen, dafs sie nach dem Abstampfen fest auf dem Belage haftet und die volle Höhe der Konkretmasse von mindestens 12 bis 15 cm erreicht. Bei Brückenbahnen, welche mit Fufssteigen zu versehen sind, hat man die Stärke der Konkretdecke der Höhe der Kantensteine anzupassen, kann sie aber unter den Fufswegen bei Anwendung einer Zwischenlage von trockenem Bauschutt entsprechend ermäfsigen. Das den äufseren Abschlufs der Fufswege bildende Holzgesims ist mit Zink zu bekleiden und mit dem Stirnbalken am einfachsten mittels eines durchgehenden, unten mit Gewinde versehenen eisernen Geländerstabes zu verschrauben. Sowohl die zwischen den Kantensteinen befindliche Fahrbahn, als auch die zwischen jenen Gesimsen und den Kantensteinen befindlichen Fufsbahnen werden schliefslich mit einer 3 bis 4 cm starken Asphaltdecke überzogen, welche man zu beiden Seiten der Fahrbahn in die zu diesem Zweck mit Nuten versehenen Kantensteine etwas eingreifen läfst. Wo Fufswege fehlen, also die Fahrbahn von den Gesimsen als Saumschwellen begrenzt wird, läfst man den Asphaltüberzug über die zu diesem Zweck mit Falz versehene Zinkbekleidung etwas übergreifen.

Sind die Balkenenden da, wo sie an die Strafsenbahn anschliefsen, mit Bohlen zu bekleiden, so hat man dieselben entweder direkt an die Hirnenden oder besser an je zwei seitlich befestigte Laschen so anzunageln, dafs sowohl neben als unter den Balkenenden noch ein 5 bis 6 cm weiter, der Luft zugänglicher Zwischenraum verbleibt. Der auf diese Weise zum Schutze der Balkenenden gegen Fäulnis hergestellte Luftkasten wird durchweg mit Schotter oder besser mit Teerkonkret umgeben, in welch letzteren man noch einen die Asphaltdecke rechtwinkelig zur Strafsenachse abschliefsenden Kantenstein einlassen kann, an welchen sich die Pflasterung oder Chaussierung der angrenzenden Strafsenstrecken unmittelbar anschliefsen mufs.

5. **Anschlufs der Dammköpfe.** Die Herstellung der an die hölzernen Brücken anschliefsenden Dammköpfe erfordert sowohl wegen des notwendigen Schutzes der in den feuchten Dammkörper hineinreichenden Balken und Bohlen, als wegen des ungleichen Setzens der Brückenstützen und des frisch angeschütteten Auftrags besondere Vorsicht.

Was den Schutz der Balkenenden und Bohlen vor Fäulnis betrifft, so erfolgt derselbe bei Anwendung von gemauerten, nach den unter 1. gemachten Angaben angeordneten Endpfeilern durch feste eichene Mauerbalken, mit welchen die Balkenenden so verkämmt werden, dafs sie möglichst frei liegen und zur Beförderung des Luftzutritts sowohl von den Unterlagplatten, als von der Hintermauerung mindestens 5 bis 6 cm abstehen. Wo die Balkenenden auf dem Mauerwerke ruhen und in den Dammkörper hineinreichen, sind sie der möglichst raschen Entwässerung halber mindestens mit einer starken Steinpackung zu umgeben, oder, um sie trocken zu erhalten, in der unter 4. angegebenen Weise mit Bohlen zu bekleiden, welche unten und hinten einen Zwischenraum enthalten, in welchem sie die Luft umspielen kann.

---

[43]) Röbbelen, Über Anwendung von Teerkonkret zur Abdeckung von Brücken mit hölzernem Überbau. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1856, S. 152; vergl. auch Vortrag von Bokelberg, daselbst 1867.

Bei Anwendung hölzerner Endjoche werden die Balkenenden mit den Holmen derselben verkämmt und in derselben Weise mit Bohlen bekleidet, jene Joche aber wie Bohlwerke behandelt, deren Futterbohlen aus festem Eichenholz hergestellt und auf der Rückseite mit Fugenleisten versehen werden, um ein Durchdringen des Bodens zu verhindern und die Bohlenfugen möglichst trocken zu erhalten.

Da die Pfeiler oder Joche, welche die Trägerenden unterstützen, eine gar nicht oder nur wenig veränderliche Höhenlage behalten, während die meist neu anzuschüttenden Dämme sich mehr oder minder setzen, so ist, insbesondere bei Eisenbahnbrücken, deren Auftrag möglichst sorgfältig zu stampfen und bei grofsem Vorrat an Steinmaterial oder Geschiebe mindestens der Fufs des Dammes aus Steinen herzustellen. Die Anschüttung ist, um die Auflagerschwellen und Kapphölzer der Joche der Luft und dem Licht auszusetzen, nur soweit fortzuführen, dafs die Böschungsfläche des Dammkörpers mindestens 0,5 m unter der letzten Auflagerschwelle des Endjoches die Pfähle trifft, während der mindestens 2 m in die Dammkrone hineingreifende, der Fäulnis vorzugsweise ausgesetzte Teil der Fahrbahn nicht nur stärker zu halten, sondern auch von allen Seiten mit recht wasserdurchlässigem Schottermateriale zu umgeben ist. Bei hohen Dämmen und wenn Steine fehlen, erscheint es vorteilhaft, zuerst den Damm durch Stampfen und Befahren bis zur Höhe des Jochaufsatzes herzustellen und nachträglich ein Pfahlwerk auszuführen. Die nach Vollendung der Brücke in höherem oder geringerem Grade eintretenden Bodensenkungen erfordern eine sofortige Ausgleichung entweder durch Unterstopfen des Oberbaues der Eisenbahnbrücke oder durch Erhöhung der Fahrbahn bei Strafsenbrücken so lange, bis der Dammkopf sich genügend gesetzt hat.

6. Die Vollendungsarbeiten. Zur Ausführung der hölzernen Brücken gehören noch diejenigen Arbeiten, welche teils zum Schutze, teils zur Verschönerung der Hauptteile, insbesondere der Stützen und Träger dienen. Da eine Auswechselung der Pfähle lästig und kostspielig ist, so erscheint es, um der Zerstörung ihrer äufseren Teile durch Fäulnis Rechnung zu tragen, zweckmäfsig, dieselben in gröfserer Menge und Stärke anzuwenden oder dieselben durch äufsere Verkohlung ihrer unteren Enden bis über Erde oder durch das Verkohlen ihres ganzen Umfanges gegen Fäulnis zu schützen. Wo für die Standsicherheit der Pfähle gefährliche Auskolkungen des Baugrundes durch Hochwasser zu gewärtigen sind, mufs der letztere durch Faschinenlagen oder Steinwürfe hinreichend befestigt und, wo ein An- oder Abscheren der Pfähle durch abgehende Eismassen zu befürchten steht, müssen diese durch starke, in Zwischenräumen von der Hälfte ihrer Breite angenagelte Streichruten (Taf. I, Abb. 9, 10, 19 u. 21), oder durch besondere Eisbrecher (Taf. I, Abb. 23) geschützt werden. Um den Kopf der Joche der Luft und dem Licht zugänglich zu erhalten und dadurch dauernd vor Fäulnis zu schützen, mufs derselbe immer vom Auftragmaterial befreit erhalten bleiben, und um die entsprechend verstärkten Enden der Träger möglichst lange zu erhalten, ist das dieselben umgebende Schottermaterial, bevor es verschlämmt ist, durch frisches, wasserdurchlässiges zu ersetzen. Zum Schutze der dem Regen mehr oder minder ausgesetzten Brückenträger können dieselben nach gehörigem Austrocknen des Holzes mit einem gut zu unterhaltenden Ölfarben- oder Teeranstrich versehen werden, welcher bei nicht ganz trockenem Holze des Luftzutritts wegen wenigstens die untere Fläche frei lassen mufs. Um die einzelnen Teile der Brücken vor Fäulnis zu schützen und denselben zugleich ein gefälliges Aussehen zu geben, sind dieselben mit geeigneten Profilierungen, Ab-

schrägungen und Wassernasen und, wo dies nicht hinreicht, mit Schutzbrettern oder durch Verdachungen aus Bohlen zu bekleiden, welche mit geeigneten Abrundungen und Ausschnitten zu versehen sind (vergl. auch Abb. 23, Taf. IV).

§ 17. Prüfung und Beobachtung der hölzernen Brücken.[44]) Für den Bestand der hölzernen Brücken und die Sicherheit des Betriebes ist nicht allein eine einmalige Untersuchung ihrer Tragfähigkeit, sondern auch eine fortgesetzte Beobachtung ihres Verhaltens unerläfslich.

Bevor eine Brücke dem Verkehr übergeben wird, ist eine Prüfung derselben sowohl durch ruhende, als auch, wo beim Betriebe, z. B. mit Eisenbahnzügen, starke Erschütterungen veranlafst werden, durch bewegte Probebelastungen erforderlich, um teils etwaige Fehler der Ausführung entdecken und verbessern, teils die Tragfähigkeit und vollkommene Elastizität des hölzernen Überbaues feststellen zu können.

Diese Belastungen, welche entweder für jeden besonderen Fall oder allgemein vorgeschrieben werden, müssen zur Prüfung der Balken- und Sprengwerkträger, sowie der Gurten und Stabsysteme der Fachwerkträger teils volle, teils einseitige sein. Bei den hierbei zu beobachtenden Einsenkungen sind die bei eingetretener Entlastung wieder verschwundenen elastischen von den hiernach zurückgebliebenen dauernden zu unterscheiden. Zu deren gleichzeitiger Aufnahme empfehlen sich spitze, auf festen, von der Bewegung der Brücke unabhängigen Gestellen angebrachte Metallstifte, welche während der Belastungsversuche durch Federn gegen polierte, an dem Brückenträger befestigte Metallplatten drücken, worauf die in die letzteren eingeritzten Linien sämtliche, durch Belastungen und Erschütterungen eingetretenen Bewegungen der Brücke in natürlicher Gröfse graphisch darstellen. Um jene festen Gestelle zu umgehen und gleichwohl eine direkte Messung der Durchbiegung von Brückenträgern vornehmen zu können, kann man sich des von Fränkel konstruierten, dem Mechaniker Oskar Leuner in Dresden patentierten Durchbiegungszeichners, eines an die zu untersuchende Stelle des Brückenträgers zu schraubenden Apparates bedienen, bei welchem ein gufseisernes, etwa 5 kg schweres Gewicht durch einen in gleichbleibender Spannung erhaltenen Draht mit einem Stahlbändchen in Verbindung steht, welches sich bei einer Hebung oder Senkung des Brückenträgers um eine Scheibe wickelt und dadurch einen Schreibschlitten in Bewegung setzt, dessen Schreibstift auf einem Papierstreifen ein Durchbiegungsschaubild mit der Übersetzung von 1 : 2 beschreibt.

Bei Brücken, welche von unten her leicht zugänglich sind, läfst sich deren Durchbiegung übrigens schon durch zwei Mafsstäbe bestimmen, welche dicht nebeneinander gehalten werden und wovon der eine auf einem festen Punkte des Bodens, z. B. einem Stein- oder Erdpflock steht, während der andere die Unterkante des Trägers berührt. Auch eine Schiebelatte, wie diejenige einer Nivellierlatte, läfst sich zur Messung der Durchbiegung von Brückenträgern benutzen. Wo wegen Unzugänglichkeit der Brückensohle sämtliche angeführten Mittel zu dieser Messung nicht anwendbar sind, läfst sich die Durchbiegung der Brückenträger mittels eines an dem Ufer aufgestellten Nivellierinstrumentes und einer in Millimeter geteilten Nivellierlatte, welche auf die Brückenbahn oder auf die Brückenträger gestellt wird, ermitteln.

---

[44]) Man vergleiche: Tellkampf, Über Durchbiegungsproben bei hölzernen und eisernen Brücken der schleswig-holstein'schen Bahnen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1871, S. 427. Ferner über Fränkel's Dehnungszeichner. Zivilingenieur Bd. XXX, Heft 7, über sonstige Vorrichtungen zur Messung von Durchbiegungen das Kapitel dieses Werkes, welches die Ausführung der eisernen Brücken behandelt.

Die unter einem schnell fahrenden Zuge beobachteten Durchbiegungen der Brückenträger sind wegen der hinzutretenden bedeutenden Erschütterungen stets gröfser als unter einer ruhenden Belastung, worauf die mehr oder minder elastische Bauart und gute Unterhaltung der Transportmittel von einem fast noch gröfseren Einflufs zu sein scheint, als deren Gewicht. Da indessen derjenige Zuwachs der Durchbiegungen, welcher von den Erschütterungen herrührt, nur von geringer Dauer ist und da die Durchbiegung bei der Messung eher zu grofs als zu klein ausfällt, so genügt es, wenn die unter schnell fahrenden schweren Lokomotiven gemessenen Durchbiegungen noch unter demjenigen Mafs verbleiben, welches innerhalb der Elastizitätsgrenze des Materials zulässig ist.

Bezeichnet bei der Bestimmung dieses Mafses l die Stützweite eines an beiden Enden frei aufliegenden Trägers, $e + v$ die gröfste Gesamtbelastung seiner Längeneinheit, J das auf die wagerechte Schwerpunktachse des Trägerquerschnittes bezogene Trägheitsmoment seines Querschnitts und E die Elastizitätsziffer des angewandten Baustoffs, so ist nach der Theorie des elastischen Balkens bekanntlich die gröfste Durchbiegung des Trägers in seiner Mitte

$$y = \frac{5}{384} \cdot \frac{e+v}{E} \cdot \frac{l^4}{J} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 207.$$

Nennt man k die zulässige Inanspruchnahme des Materials innerhalb der Elastizitätsgrenze und h die Höhe des Trägers, so ist wegen $\frac{(e+v)\,l^2}{8} = 2\,k\,\frac{J}{h}$ das Trägheitsmoment $J = \frac{h\,(e+v)\,l^2}{16\,k}$ und, wenn dieser Wert in Gleichung 207 eingeführt wird, nach gehöriger Vereinfachung die gröfste zulässige Durchbiegung

$$y = \frac{5}{24} \cdot \frac{k}{E} \cdot \frac{l^2}{h} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 208.$$

Nimmt man die innerhalb der Elastizitätsgrenze verbleibende, zulässige Ausdehnung $\frac{k}{E}$ der Längeneinheit des Holzes zu $\frac{1}{600}$ an, so erhält man

$$y = \frac{1}{2880} \cdot \frac{l^2}{h} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 209.$$

Setzt man hierin noch $h = \frac{l}{10}$, so ergibt sich das zulässige Pfeilverhältnis der Durchbiegung

$$\frac{y}{l} = \frac{1}{288} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 210.$$

Unter den vorausgeschickten Voraussetzungen darf man also in der Praxis eine endgiltige hölzerne Brücke als hinreichend tragfähig betrachten, wenn sie bei der anfänglichen und bei jeder späteren Prüfung eine gesamte Durchbiegung von rund $\frac{1}{300}$ ihrer Stützweite nicht überschreitet, wovon etwa $\frac{1}{1500}$ der Stützweite auf bleibende Durchbiegung, also $\frac{1}{375}$ derselben auf die elastische Durchbiegung der Träger zu rechnen sind.

Während bei hölzernen Balkenbrücken mit nicht zu grofsen Spannweiten die Messung ihrer Durchbiegung in der Mitte genügt, ist es bei solchen mit gröfseren Spannweiten erforderlich, die Messung der Durchbiegung auch in dem ersten und dritten Viertel der Stützweite hinzuzufügen, um ein annäherndes Bild von dem Verlaufe der Durchbiegungskurve zu erhalten, wobei übrigens das Verfahren der Messung dasselbe bleibt.

Bei der Prüfung von Sprengwerkbrücken, deren Konstruktionsteile nach dem Früheren bei der gröfsten einseitigen Belastung mehr als bei der gröfsten vollen Belastung beansprucht werden, wobei zugleich die in Abb. 93, S. 65 z. B. für den

doppelten Sprengwerkträger angedeutete Formänderung eintritt, erscheint es notwendig, jene gröfste einseitige Belastung der Brücke auszuführen und hierbei sowohl die hierdurch veranlafste Einsenkung, als auch die hiermit verbundene Hebung der einzelnen Trägerteile zu beobachten. Diese zweifache Beobachtung läfst sich nach dem Aufbringen einer ruhenden, längere Zeit auf der Brücke belassenen Probelast mit Hilfe von Nivellierinstrumenten leicht ausführen, während bei dem Auffahren einer rasch bewegten Probelast die gleichzeitige Hebung und Senkung der Brückenbahn mit anderen Apparaten zu beobachten ist.

§ 18. Die Unterhaltung der hölzernen Brücken. Die möglichst lange Erhaltung betriebsfähiger hölzerner Brücken erfordert nicht nur die in § 17 angedeutete zeitweise Untersuchung, sondern auch eine dauernde sorgfältige Überwachung und sofortige Ergänzung schadhafter Teile, ihrer Träger und Fahrbahnteile.

1. Zeitweise Prüfung. Die zeitweise Prüfung hölzerner Brücken findet am besten innerhalb gewisser, vorher festgesetzter Zeitabschnitte statt und es ist zu empfehlen, diese letzteren bei älteren Brücken kürzer, als bei neueren zu bemessen. Als geringste Prüfungsfrist dürfte im ersteren Falle ein halbes, im letzteren Falle ein ganzes Jahr zu empfehlen sein.

Die Prüfung selbst hat sich nicht nur auf die in § 17 besprochenen Durchbiegungs- und Aufbiegungsversuche, sondern auch auf die Beschaffenheit des Holzes zu erstrecken, insbesondere sind angefaulte und stockige Brückenteile durch Anschlagen, in zweifelhaften Fällen selbst durch Anschneiden und Anbohren zu ermitteln. Gesundes Holz erkennt man beim Anschlagen mit einem Holzhammer an einem helleren Klang, krankes Holz an einem dumpfen Geräusch.

2. Ständige Überwachung. Die Feuersgefahr, welcher besonders die Eisenbahnbrücken durch die Funken des Aschenkastens der Lokomotiven ausgesetzt sind, machen eine ununterbrochene Bewachung dieser Brücken, besonders eine genaue Besichtigung derselben nach jeder Befahrung durch einen Zug oder durch eine einzelne Maschine nötig. Der Unterlassung dieser Vorsicht sind unter anderen die bezw. im Jahre 1869, 1874 und 1875 durch Brand zerstörten Brücken über den Msta in der Petersburg-Moskauer Bahn, über den Saco bei Biddeford im Staate Maine und über den Gennesseefluſs bei Portage in der Buffalo-New York-City-Bahn zum Opfer gefallen.[45])

Um die Entstehung und Fortpflanzung des Brandes einer hölzernen Brücke zu verhindern oder wenigstens möglichst einzuschränken, sind Feuerspritzen von hinreichender Tragweite und die zugehörigen Wasservorräte in Bereitschaft zu halten. Um möglichst rasch und leicht an der Stelle der Gefahr sein zu können, empfehlen sich besondere, zum leichten Transport der Spritzen auf den Fahrschienen geeignete Untergestelle. Wo die Brücken in nicht zu grofser Höhe über Wasserläufe von mäfsiger Breite führen, empfiehlt sich die Aufbewahrung der Feuerspritzen an deren Ufern in der Nähe der Bahn- oder Brückenwärterhäuser und deren Bedienung durch die zunächst wohnenden Bahn- und Brückenwärter.

---

[45]) Über Zerstörung hölzerner Brücken durch Brand und durch andere Ursachen vergl. u. a. das Notizblatt des Arch.- u. Ing.-Ver. f. Niederrhein und Westfalen 1875, S. 67 ff. Ferner: Brand der Marketstreet-Brücke über den Schuylkill in Philadelphia. Journ. of the Franklin-Institute 1875, S. 375. — Brand der Reichenauer Brücke in der Schweiz. Eisenbahn 1880, Bd. 13, S. 45. — Einsturz eines Steges über den Avon bei Bath (Hängewerk, einseitig belastet). Builder 1877, Juni, S. 594; Engng. news 1877, Juni, S. 161. — Einsturz der Brücke über die Drau bei Essegg (Unterspülung). Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1882, S. 255; Zentralbl. d. Bauverw. 1882, S. 357 u. 383.

3. Unterhaltungs- und Ergänzungsarbeiten. Die notwendigen Unterhaltungsarbeiten von hölzernen Brücken erstrecken sich sowohl auf die Anwendung von Schutzmitteln gegen den Einfluſs von Luft und Wasser, als auch auf die Instandhaltung der Konstruktion, sowie auf die Beseitigung und den Ersatz durch Fäulnis schadhaft gewordener Teile. Zu den ersteren gehört vor allem die rechtzeitige Erneuerung der Anstriche durch Ölfarbe, Teer u. dergl. besonders an allen der Feuchtigkeit ausgesetzten Teilen. Risse, wie sie besonders an den dem Winde und dem Sonnenbrande ausgesetzten Stellen allmählich entstehen, sind vorher auszukitten oder besser auszukalfatern. Die durch die Verkehrserschütterungen allmählich lose gewordenen Schrauben sind, um sowohl die Form und den Zusammenhang der Konstruktion zu erhalten, als auch das Eindringen des Regens in die Bolzenlöcher zu vermeiden, sofort wieder scharf anzuziehen, auch sind, um dies stets möglich zu machen, die Bolzen selbst durch regelmäſsigen Anstrich möglichst vor dem Rosten, besonders der Muttern, Spindeln und Unterlagsscheiben zu schützen. Wo Rost sich bereits gebildet hat und ein Anziehen der Schrauben verhindert, ist der letztere entweder durch Öl zu erweichen, oder es ist der Bolzen durch einen neuen zu ersetzen. Die Unterhaltungsarbeiten bestehen hauptsächlich in der Auswechselung fauler oder angefaulter Konstruktionsteile gegen solche aus gesundem Holze, besonders an den Fahrbahnteilen der Straſsenbrücken, an den Auflagern der Träger und den Stützpunkten der Streben, sowie an den End- und Zwischenjochen; sie sind je nach dem Orte und dem Grade der Fäulnis mehr oder minder schwierig und umfangreich.

§ 19. Kosten der hölzernen Brücken.

1. Allgemeine Kostenberechnung. Zu annähernden Kostenberechnungen, wie sie für überschlägliche Kostenanschläge ausreichen, kann man ähnliche Formeln benutzen, wie diejenigen, welche zur annähernden Berechnung ihrer Gewichte aufgestellt worden sind. Bezeichnet a den Preis eines Raummeters Holz mit Bearbeiten und Aufstellen und i den Rauminhalt einer hölzernen Brücke von der Stützweite l, so betragen die Kosten

$$k = a\,i = a\,(c'\,l + b') \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 211.$$

für das Meter Brücke, worin $c'\,l$ und b' den Rauminhalt bezw. der Träger und der Brückenbahn für das Längenmeter bezeichnet, mithin für die Überbrückung einer Öffnung die Gesamtkosten

$$K = k\,l = a\,i\,l = a\,(c'\,l^2 + b'\,l), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 212.$$

wozu noch der untergeordnete Kostenbetrag für die eisernen Befestigungsmittel, als Schrauben, Klammern, Nägel u. s. w. zu rechnen ist. Hierin kann a, je nach der Örtlichkeit, Art der Bearbeitung und Schwierigkeit der Aufstellung zu 50 bis 80 M. angenommen werden, während die Werte $i = c'\,l + b'$ für die einzelnen Gattungen der Eisenbahn- und Straſsenbrücken verschieden sind. Nimmt man an, daſs das Kubikmeter Holz 800 kg wiegt, so läſst sich der Kubikinhalt i annähernd aus dem Eigengewicht e der hölzernen Brücken, welches in § 2 ermittelt wurde, ableiten, indem man durchweg $i = \frac{e}{800} = 0{,}00125\,.\,e$, also

$$i = c'\,l + b' = 0{,}00125\,(c\,l + b) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 213.$$

setzt. Die Werte $c' = 0{,}00125\,.\,c$ und $b' = 0{,}00125\,.\,b$ lassen sich sodann mit Bezug auf die früheren Angaben gesondert ermitteln und in obige Gleichung einführen.

Für die unter 2. eingehend berechnete Straſsen-Sprengwerkbrücke von 17,5 m Spannweite erhält man z. B. aus $\frac{53{,}624}{17{,}5} = c'\,.\,17{,}5 + \frac{38{,}37}{17{,}5}$ den Beiwert $c' = 0{,}049$,

für eine ähnlich konstruierte Strafsen-Sprengwerkbrücke von 25,12 m Spannweite ergibt sich entsprechend aus $\frac{110{,}269}{25{,}12} = c' \,.\, 25{,}12 + \frac{63{,}20}{25{,}12}$, $c_1 = 0{,}074$. Hieraus folgt der Mittelwert $c' = 0{,}0615$ und $b' = 2{,}35$, also annähernd der Kubikinhalt des Meter einer solchen Brücke

$$i = 0{,}0615 \,.\, l + 2{,}35 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 214.$$

und, da obige Brücken die Breite von 7,5 m besitzen, der Rauminhalt für das Quadratmeter derselben Brücke

$$i' = 0{,}0082 \,.\, l + 0{,}313, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 215.$$

Werte, welche noch mit a zu multiplizieren sind, um annähernd die Kosten des hölzernen Überbaues zu erhalten.

2. Eingehende Kostenberechnung. Ausführliche Kostenberechnungen, wie sie der Vergebung und Ausführung einer Brücke vorangehen müssen, erfordern genaue Inhaltsberechnungen sämtlicher Holzteile und Mauerkörper, sowie die Gewichtsberechnungen aller zu deren Verbindung verwendeten Schmied- und Gufseisenteile. Die hieraus erhaltenen Vordersätze, mit den zur Zeit giltigen Preiseinheiten multipliziert, ergeben die Gesamtkosten der Brücke. Meist werden auf Grund jener räumlichen Inhalte und Gewichte diese Preiseinheiten im Wege der Verdingung ermittelt und hieraus die zu zahlenden Gesamtkosten bestimmt.

Zum Beispiel einer eingehenden Inhaltsberechnung möge der hölzerne Überbau über eine Öffnung der auf Taf. III, Abb. 23 bis 26 dargestellten Strafsenbrücke mit doppeltem Sprengwerk von 17,5 m Spannweite dienen.

	lang m	breit m	stark m		cbm
I. Brückenbahn.					
1. Oberer Bohlenbelag	17,5	5,0	0,04	=	3,50
2. Unterer Bohlenbelag	17,5	7,5	0,06	=	7,87
3. 14 Geländerpfosten	1,75	0,15	0,20	=	0,74
4. 2 Geländerholme	17,5	0,13	0,20	=	0,91
5. 4 Geländerriegel	17,5	0,10	0,10	=	0,70
6. 6 Windkreuze	10	0,15	0,25	=	2,25
7. 9 Streckbäume	17,5	0,25	0,25	=	9,85
8. 7 Querschwellen	8,0	0,20	0,25	=	2,80
9. 5 Streckbäume	17,5	0,25	0,30	=	6,56
10. 10 Sattelhölzer	4,25	0,25	0,30	=	3,19
			Zusammen		38,37
II. Brückenträger.					
11. 10 Streben	5,25	0,28	0,38	=	5,586
12. 10 Streben	3,60	0,25	0,35	=	3,150
13. 20 Zangen	2,25	0,18	0,25	=	2,025
14. 20 Zangen	0,75	0,18	0,25	=	0,675
15. 10 Strebenschuhe	0,95	0,30	0,38	=	1,083
16. 5 Spannriegel	4,85	0,25	0,30	=	1,455
17. 4 Querhölzer	8,00	0,20	0,20	=	1,280
			Zusammen		15,254
			Summa		53,624

In den Kostenanschlag für diesen Überbau sind alsdann noch die Gewichte der schmiedeisernen Befestigungsteile und gufseisernen Unterlagplatten aufzunehmen und dann sämtliche Vordersätze mit den zur Zeit üblichen Preiseinheiten zu multiplizieren.

3. Vergleichende Kostenberechnungen. Um den augenblicklichen wirtschaftlichen Vorteil beurteilen zu können, welchen die Anwendung hölzerner Eisenbahnbrücken mit

hölzernen Jochen gegenüber eisernen Eisenbahnbrücken mit gemauerten Pfeilern von gleicher Spannweite gewährt, ist es vorteilhaft, für zunehmende Spannweiten und verschiedene Anordnungen die Kostenüberschläge dieser beiden Brückengattungen aufzustellen und hieraus deren Kostenunterschiede zu berechnen. Legt man Spannweiten von 25 bis 60 m und deutsche Reichswährung zu Grunde, so ergibt sich nach Pressel für Fachwerkträger und verdübelte Balkenträger und zwar für unten und oben liegende Brückenbahn nachstehende Vergleichung der Kosten hölzerner und eiserner Eisenbahnbrücken.

Vergleichung der Kosten hölzerner und eiserner Eisenbahnbrücken.[46])

Spannweite	Eiserne Brücken			Hölzerne Brücken			Kosten unterschied	Anordnung der Konstruktion
	Eisenwerk	Mauerwerk	Zusammen	Träger	Joche	Zusammen		
m	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	
25	23000	19600	42600	—	—	—	—	Bahn unten.
				16800	3200	20000	22600	3,48 m hohe Fachwerkträger
				14400	4000	18400	24200	2,34 m „ „
				6400	2600	9000	33600	Verdübelte Balkenträger.
25, 30, 25	65600	59600	125200	—	—	—	—	Bahn oben.
				44000	10000	54000	71200	3,48 m hohe Fachwerkträger.
				41000	11000	52000	73200	2,34 m „ „
				26000	10000	36000	89200	Verdübelte Balkenträger.
30, 30	60800	39400	100200	—	—	—	—	Bahn unten.
				39000	11000	50000	50200	3,48 m hohe Fachwerkträger.
				20000	8000	28000	72200	Verdübelte Balkenträger.
30	27600	34000	61600	—	—	—	—	Bahn oben.
				36400	7000	43400	18200	6,04 m hohe Fachwerkträger.
				15000	5000	20000	41600	Verdübelte Balkenträger.
40, 48, 40	141800	94800	236600	—	—	—	—	Bahn oben.
				62800	25200	88000	148600	3,48 m hohe Fachwerkträger.
				38000	32000	70000	166600	Verdübelte Balkenträger.
50	77200	62200	139400	—	—	—	—	Bahn unten.
				28800	16000	64800	74600	6,04 m hohe Fachwerkträger.
50	68000	91000	159000	—	—	—	—	Bahn oben.
				46800	17000	63800	95200	6,04 m hohe Fachwerkträger.
50, 60, 50	231600	157400	389000	—	—	—	—	Bahn unten.
				116000	34000	150000	239000	6,04 m hohe Fachwerkträger.
				70000	26000	106000	283000	3,48 m „ „

Allgemeiner läfst sich die Frage, ob hölzerne Brücken in wirtschaftlicher Beziehung solchen aus Stein und Eisen vorzuziehen seien, durch vergleichende Kostenberechnungen beantworten, bei welchen die verschiedenen Unterhaltungskosten und die Kosten der zeitweisen Wiederherstellung der hölzernen Brücken berücksichtigt werden (vergl. Band 1, S. 110). Bezeichnen A das Anlagekapital, U die jährlichen Unterhaltungs- und Wiederherstellungskosten, welche bei einem Zinsfufs von $a\%$ einem Kapital von $\frac{100}{a}\,U$ entsprechen, W die Kosten eines nach n Jahren vorzunehmenden

[46]) Die Kosten für 100 kg Eisenwerk sind zu 62 M. und für das Mauerwerk leicht zu bearbeitende, auf eine mittlere Entfernung von 15 km zu beziehende Sandsteine angenommen. Der Berechnung der Holzkonstruktionen ist der beim Bau der österreichischen Bahnen erzielte mittlere Preis des Holzes zugrunde gelegt.

Anm. d. Herausgebers: Die Werte der obigen Tabelle ändern sich, wenn das Eisenwerk einen anderen Preis bedingt, als 62 M. für 100 kg. Zur Zeit (1904) sind die Kosten des Eisenwerks geringer als die Hälfte des vorstehend angenommenen Preises.

Neubaues, K das auf Zinseszins anzulegende Kapital, welches sich nach n Jahren zu $K + W$ vermehrt, so ist nach n Jahren

$$K + W = K\left(1 + \frac{a}{100}\right)^n \text{ oder } K = \frac{W}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^n - 1} \quad \ldots \quad 216.$$

Das gesamte Kapital beträgt daher

$$G = A + \frac{100}{a} \cdot U + \frac{W}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^n - 1}, \quad \ldots \quad 217.$$

welches mit dem ähnlich ermittelten Gesamtkapital der aus anderem Material hergestellten Brücke zu vergleichen ist.

Beispiel. Der Bau einer Strafsenbrücke ist zu 180000 M. veranschlagt, wenn sie gewölbt und zu 108000 M., wenn sie mit hölzernen Trägern und hölzernen, auf Pfahlrost stehenden Jochen hergestellt wird. Es ist zu untersuchen, welche dieser Brücken das geringere Gesamtkapital erfordert, wenn bei einem Zinsfufse von 5% die jährlichen Unterhaltungskosten der steinernen und der hölzernen Brücke durchschnittlich bezw. 0,5 und 2,5% der Bausumme betragen und die in durchschnittlich 25 Jahren notwendige Erneuerung der hölzernen Träger und Joche mit einer Summe von 72000 M. bewerkstelligt werden kann. Für die steinerne Brücke, welche von unbegrenzter Dauer angenommen werden soll, beträgt das gesamte Kapital

$$G_s = 180000 + \frac{0.5}{5} \cdot 180000 = 198000 \text{ M.},$$

während es bei der hölzernen Brücke nach obiger Gleichung

$$G_h = 108000 + \frac{2{,}5}{5} \cdot 108000 + \frac{72000}{(1 + 0{,}05)^{25} - 1} = 192180 \text{ M.}$$

beträgt, mithin um rund 3% geringer ist, als das gesamte Kapital einer steinernen Brücke. Ähnlich läfst sich ermitteln, ob der Bau einer hölzernen Brücke billiger als derjenige einer eisernen Brücke zu stehen kommt.

Literatur.

(Nach der Zeitfolge geordnet.)

Nordamerikanische Brücken. Allg. Bauz. 1839.

Gaufs, Beschreibung der von Long erfundenen hölzernen Brücken. Hannover 1840.

Moller, Beiträge zur Lehre von den Konstruktionen. Giefsen 1844.

Ghega, Über nordamerikanischen Brückenbau. Wien 1845.

Beiträge zu den Holzkonstruktionen bei Brücken, Viadukten u. s. w. in Nordamerika. Allg. Bauz. 1845.

Culmann, Der Bau der hölzernen Brücken in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Allg. Bauz. 1845.

Etzel, Organisation des Baudienstes der schweizerischen Zentralbahn. Basel 1854.

Harres, Die Schule des Zimmermanns. Zweiter Teil. Brückenbau. Leipzig 1861.

Haltbarkeit hölzerner Brücken (Erfahrungen über die Schadhaftigkeit der einzelnen Konstruktionsteile, welche beim Abbruch einer Brücke über die Ilmenau gemacht worden sind). Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1861, S. 216.

Göring, Dimensionen hölzerner Brücken der hannoverschen Eisenbahnen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1861, S. 267.

Versuche über die Tragfähigkeit verschiedener hölzerner, mit Eisen armierter Träger (Fachwerke, verzahnte und verdübelte Träger). Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1863, S. 527.

Perdonnet et Polonceau, Nouveau portefeuille de l'ingenieur des chemins de fer. Paris 1866.

W. Pressel, Normalien der k. k. priv. Südbahngesellschaft für hölzerne Brücken. Wien 1867.

Hellwag, Normalien der österreichischen Nordwestbahn, aufgestellt in den Jahren 1868 bis 1872.

v. Kaven, Über dle Konstruktion von Wegebrücken über die Bahn, Brücktoren unter der Bahn und Rampenkanälen. Hannover 1869.

Hölzerne Brücken der norwegischen Schmalspurbahnen. Engng. 1871, Jan. S. 38.

Heinzerling, Historische Übersicht über die technische Entwickelung der Brücken in Stein und Holz. Allg. Bauz. Wien 1871.

Brücke über die Flüsse Mobile und Tensas (24 km lang, somit die längste Brücke der Welt). Deutsche Bauz. 1872, S. 368; Ann. industr. 1873, S. 128.

Schoen, Mitteilungen über Brückenbauten in Nordamerika. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873.

Malézieux, Travaux publics des états-unis d'Amerique en 1870. Paris 1873.

Heinzerling, Grundzüge der konstruktiven Anordnung und statischen Berechnung der Brücken- und Hochbaukonstruktionen. Zweiter Teil. 1. u. 2. Heft. Leipzig 1873 und 1874.

Comolli, Les ponts de l'Amerique du Nord. Paris 1878.

Steiner, Über Brückenbauten in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Wien 1878.

Hölzerne Straſsenbrücke über den Kennebecfluſs zu Augusta, Maine. Scientific american, Suppl. 1878, S. 2189.

Hill, A. Wooden bow truss bridge. Nostrand's Engineering Magazine 1879, vol. 21, S. 281.

Dimensionierung hölzerner Brücken. Riga'sche Industriezeitung 1880, S. 55; auch Deutsche Industriezeitung 1879, S. 445.

Die Tscharnbrücke bei Neusalz a. O. Zeitschr. f. Bauw. 1879, S. 151.

Verbreiterung der Saalebrücke bei Weiſsenfels. Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 133.

Brücke über die Brahe in Kronthal bei Krona mit drei Öffnungen von 9,3 m Weite mit verzahnten Balkenträgern. Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 133.

Swenson, Über hölzerne Brückenfahrbahnen, hölzerne Pfeiler und Brückenträger. Norsk teknisk tidsskrift 1883, S. 14.

Steiner, Studie über den gegenwärtigen Stand des Brückenbaues. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 7.

Foster, Wooden trestle bridges. Railr. Gaz. 1890, vol. 22, S. 288, 412, 539, 584, 699.

Foster, A timber viaduct at Manawatu, New Zealand. Sanit. Engng. 1890, vol. 21, S. 70.

Weldon, Wooden bridge over the River Barrow. Engng. 1891, vol. 51, S. 703.

Stöckl, Über das Holzprovisorium bei Hopfgarten und über Holzprovisorien überhaupt. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 203.

Hixon, Pil and trestle bridges on the Minneapolis and St. Louis Railway. Railr. Gaz. 1891, vol. 23, S. 260.

Hixon, Trestle designs, Canadian Pacific Railway. Engng. News 1891, vol. 25, S. 418.

Foster, Standard trestle plans, Atlantic and Pacific Railroad. Chicago and West Michigan Railway. Railr. Gaz. 1891, vol. 24, S. 5, 78.

Foster, Deep water trestle — Intercolonial Railway of Canada. Railr. Gaz. 1891, vol. 23, S. 689.

Bock, M., Zerbrechversuche mit hölzernen Eisenbahnprovisorien. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, No. 4.

Skibinski, Über hölzerne zusammengesetzte Brückenträger. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 328.

Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart. Abteilung III. Hölzerne Brücken und Lehrgerüste. Zweite Aufl. Leipzig 1891.

Skibinski, An improved portable foot bridge. Scient. american 1891, vol. 64, S. 34.

Grondahl, Timber structures on Western American Railroads. Howe truss of 250 ft. span. Engng. 1892, vol. 54, S. 446.

Grondahl, The use of timber on Western American Railroads. Engng. 1892, vol. 54, S. 382.

Forchheimer, Über zusammengesetzte Balken. Zeitschr. deutscher Ing. 1892, S. 100.

Forchheimer, Deep water trestle bridge across the Narrows of Halifax Harbor. Railr. Gaz. 1892, vol. 23, S. 911.

Waddel, Des Moines river high bridge and trestle. Engng. Record 1893, vol. 28, S. 312.

Bowden, A wooden sewer bridge. Engng. Record 1893, vol. 28, S. 141.

Nicols, The construction and maintenance of Howe truss bridges. Engng. News 1893, vol. 29, S. 222.

Döll, Die Kosten von Schiffbrücken. Zentralbl. d. Bauverw. 1893, S. 83.

Yeatmann, Longitudinal bracing for timber trestles. Railr. Gaz. 1895, vol. 27, S. 603.

Grondahl, Splice for reinforcing large sticks of timber. Scient. american 1895, Suppl. 40, S. 16491.

Grondahl, Report of Committee on strength of a bridge and trestle timbers. Railr. Gaz. 1895, vol. 27, S. 702; Engng. vol. 60, S. 815; Engng. vol. 80, S. 536.

Labes, Zur Anwendung verzahnter und verdübelter Träger. Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 383.

Müller, R., Die provisorische Mandaubrücke im Zuge der Zittau-Johnsdorfer Eisenbahn. Zivil-Ing. 1895, S. 273.

Rundlett u. Munster, Wooden plate girder bridge. Como Park, St. Paul, Minn. Engng. Record 1886, vol. 33, S. 97.

Allen, Timbres-bridge over Glennis Creek, New South Wales. Engng. 1896, vol. 81, S. 524.

Goltra, Renevals of timber railway bridge, with permanent structures. Engng. News 1896, vol. 36, S. 96.

Allan, Ponts en charpente de Wagga-Wagga sur le Murrumbidgee River (Nouvelle-Galles du Sud). Génie civil 1897, vol. 32, S. 7.

Allan, The Wagga-Wagga timber bridge over the Murrumbidgee River (Neusüdwales). Ziviling. 1897, vol. 128, S. 222.

v. Thullie, Hölzerne Gitterbrücken in Galizien. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, S. 361 ff.

v. Thullie, A bicycle bridge at Tacoma, Washington. Scient. american 1897, vol. 76, S. 293.

Gammons, The life of rooden piles and bridges. Engng. Record 1898, vol. 37, S. 318.

Burns, The inspection of timber structures. Engng. Record 1898, vol. 38, S. 181.

Old wooden truss bridge over the Delaware River at Narrowsburg N. Y. Engng. News 1899, vol. 42, S. 122.

The life of timber employed in railway bridges in the Un. St. Engng. News 1899, vol. 42, S. 271.

Wilkens and Davidson, The Thomson Run. Bridge. Railr. Gaz. 1899, vol. 31, S. 689.

The Zanesville O., timber howe truss Y-bridge built in 1831/32. Engng. News 1900, vol. 34, S. 50.

Shores, Temporary trestle bridge over the Tugela River. Engng. 1900, vol. 89, S. 481.

Michel, An interesting bridge removal. Engng. Record 1900, vol. 42, S. 416.

The highest wooden bridge on the Tennessee Central-Railway line. Eng. 1900, vol. 91, S. 88.

Darley, Wooden bridge over Macleay River N. S. W. Eng. 1901, vol. 91, S. 326.

Miller and Bonn, Bridges over the River Kelvin. Glasgow Exhibition. Engng. 1901, vol. 71, S. 666.

Baltzer, Die Kintaibrücke bei Iwakuni in Japan. Zentralbl. d. Bauverw. 1901, S. 364.

Wooden bridge over the Kintai River at Iwakuni, Japan. Engng. Record 1902, vol. 45, S. 122.

Timber railway bridges in Australia. Scient. american 1902, vol. 87, S. 3.

Great Northern standard trestles. Railr. Gaz. 1902, vol. 34, S. 618.

v. Lubimoff, Verdrückung von Brücken durch Frost auf der sibirischen Bahn. Organ 1902, S. 110.

Ponti provisori di legname sulle linee della Ret. Adriatica. Giornale del Genie civ. 1902, S. 109.

Wawn, Bridge over River Lly fui, North Wales. Eng. 1902, vol. 94, S. 100.

Roemheld and Gallery, Ponton foot bridge over the Chicago River. Engng. 1902, vol. 48, S. 125.

Munster, A., Wooden brand arch highway bridge at S. Paul, Minn. Engng. News 1903, vol. 49, S. 37.

The Teton Bridge. Railr. Gaz. 1903, vol. 35, S. 94.

II. Kapitel.

Wasserleitungs- und Kanalbrücken.

Bearbeitet von

Fritz Lorey,

Regierungsbaumeister in Bernburg a. S.

(Hierzu Tafel VI und 54 Textabbildungen.)

---

§ 1. Einleitung. Wasserleitungs- und Kanalbrücken dienen zur Überführung von Wasserleitungen oder Schiffahrtskanälen über Geländeeinschnitte, deren Ausfüllung nicht gestattet ist oder wegen zu hoher Kosten untunlich erscheint.

Hinsichtlich ihres Überbaues und ihrer Pfeiler sind sie im wesentlichen wie die sonstigen Brücken gestaltet; statt der Fahrbahn der Strafsen- und Eisenbahnbrücken ist jedoch die Wasserleitung oder das Kanalbett vorhanden. Es verdienen deshalb die nach der Art des überführten Gegenstandes gebildeten Bezeichnungen „Wasserleitungsbrücke“, „Kanalbrücke“ (ähnlich wie Strafsenbrücke, Eisenbahnbrücke) den Vorzug vor anderen Benennungen. Das früher gebräuchliche Wort „Aquadukt“ wird durch „Wasserleitungsbrücke“ sehr passend ersetzt; die öfters vorkommende Bezeichnung „Brückenkanal“ ist eine schlechte Nachbildung des französischen *„pont canal“*.

Über einige Hauptmomente in der Geschichte der Wasserleitungs- und Kanalbrücken vergl. Band I, Kap. I, § 1 u. 3; desgleichen ist wegen mancher Einzelheiten auf das Literaturverzeichnis zu verweisen. Hervorzuheben ist, dafs die Wasserleitungsbrücken wegen ihres Alters und wegen ihrer bedeutenden Höhenentwickelung für die Geschichte der steinernen Brücken von Bedeutung sind. Bekannt sind die von den Römern ausgeführten Wasserleitungsbrücken; hierunter die für die Wasserversorgung von Nimes (lat.: Nemausus) erbaute Brücke, genannt *„Pont du Gard“*, und die Wasserleitungsbrücke von Segovia in Spanien. Die bekannte Wasserleitungsbrücke von Spoleto, jetzt *Ponte delle torri* genannt, 209,6 m lang und 76,8 m hoch, deren Erbauung irrtümlich dem Langobardenkönig Theoderich zugeschrieben wurde, ist um das Jahr 600 von einem der in Ravenna herrschenden Langobardenherzöge erbaut worden. Die Wasserleitungsbrücke von Alcantara besitzt eine Höhe von 85 m und hat, ohne mit Spannbogen versehen zu sein, das Erdbeben von Lissabon überdauert. Die in den Jahren 1840—47 erbaute Wasserleitungsbrücke von Roquefavour bei Marseille besitzt eine Länge von 375 m und eine Höhe von 82 m.

In der Neuzeit sind neben den gemauerten Wasserleitungs- und Kanalbrücken auch solche von Holz und namentlich von Eisen ausgeführt worden. Bei allen diesen kann sich die Besprechung auf den oberen Teil derselben beschränken. Die Pfeiler und

die Gewölbe bezw. Träger sind im wesentlichen nach den für die Strafsen- und Eisenbahnbrücken geltenden Regeln zu behandeln. Hinsichtlich der Lage der Achsen, der Höhenverhältnisse, der Anzahl und Gröfse der Öffnungen ist auf das zu verweisen, was in Band I, Kap. I über die allgemeine Anordnung der Talbrücken gesagt ist.

Bei der Untersuchung über die Lage von Wasserleitungsbrücken mit natürlichem Gefälle wird man in der Regel die Wahl zwischen einer grofsen Anzahl von Linien haben. Hierbei sind nicht allein diese einzelnen Linien gegeneinander abzuwägen, sondern es ist auch die Frage zu prüfen, ob nicht bei der Wahl einer Druckleitung (Siphon) die Kosten geringer werden. Wohl zu beachten sind jedoch die Vorteile der Wasserleitungsbrücken gegenüber den in der Erde verlegten Druckleitungen. Die Wasserleitungsbrücken, namentlich die gemauerten, sind sehr dauerhaft, sicher, leicht zugänglich und gestatten bequeme Unterhaltungsarbeiten. Ihre Ergiebigkeit kann durch Vergröfserung der Wassertiefe leicht gesteigert werden. Aufserdem gibt es noch einen Mittelweg zwischen Wasserleitungsbrücken mit natürlichem Gefälle und in der Erde verlegten Druckleitungen. Man kann unter Verzicht auf das natürliche Gefälle die Leitung in geringerer Höhe, also als Druckleitung, auf einer Brücke überführen. Derartige Anordnungen sollen nur, soweit sie besonders beachtenswert sind, bei den Wasserleitungsbrücken mitbesprochen werden; denn ähnliches findet man bei jeder städtischen Strafsenbrücke.

In das Kapitel „Wasserleitungs- und Kanalbrücken“ gehören auch die Überführungen von Bächen über Strafsen und Eisenbahnen. Dies sind jedoch selten vorkommende Fälle. Wenn die Sinkstoffe des Baches es gestatten, wird man in der Regel eine Unterleitung vorziehen und Brücken nur dort anwenden, wo die Menge des zeitweilig mitgeführten Schlammes und Gerölles die Anwendung einer Unterleitung verbietet. In diesem Falle leisten sie aber vortreffliche Dienste; die Überführungen der Wildbäche haben sich sehr gut bewährt.

§ 2. Allgemeines. Bei dem Entwurf einer Wasserleitungs- oder Kanalbrücke ist ein Hauptaugenmerk auf die Gefälleverhältnisse, die Profilformen und die Profilgröfsen zu richten. Wegen der Beziehungen, in welchen diese drei Punkte zu einander stehen, mufs auf den Wasserbau verwiesen werden (Kap. II des dritten Bandes des Handbuchs, 3. Aufl.), wo das hier zu Besprechende in mehrfacher Beziehung ergänzt wird.

1. **Die Gefälleverhältnisse.** Brücken für Schiffahrtskanäle werden mit wagerechtem Wasserspiegel angelegt, es sei denn, dafs der Kanal auch zur Bewässerung dient; in diesem Falle ist das Gefälle der benachbarten Strecke auf die Kanalbrücke zu übertragen. Bei Brücken für Flofskanäle ist der Querschnitt durch die Art der Benutzung des Bauwerkes festgelegt, die Geschwindigkeit des Wassers ist gleich derjenigen in den angrenzenden Kanalstrecken anzunehmen und das Gefälle der Brücke durch Rechnung zu ermitteln, wobei sich in der Regel ein geringeres Gefälle als in jenen Strecken ergeben wird. Bei Wasserleitungsbrücken dagegen ist eine Verringerung des Wasserquerschnittes im Vergleich mit demjenigen der benachbarten Strecken, sowie eine Vergröfserung der Wassergeschwindigkeit zulässig und zweckmäfsig, einerseits behufs Verminderung der Baukosten und andererseits, um die durch Frost entstehenden Gefahren zu vermindern. Die Rechnung ergibt unter vorstehenden Voraussetzungen für die Wasserleitungsbrücken eine Verstärkung des Gefälles. Mitunter tut man ein übriges und wählt das Gefälle noch stärker, als durch Rechnung ermittelt wurde. Nach obigem pflegt man jedoch nur bei gröfseren Bauwerken zu verfahren und legt bei

kleineren die Gefälleverhältnisse der Leitung ohne weiteres zu Grunde. Selbstverständlich mufs für einen allmählichen Übergang des verstärkten Gefälles in dasjenige der angrenzenden Strecken gesorgt werden.

Als geringstes Gefälle in offener Rinne ist 1 : 10000 zulässig, ohne dafs die Beschaffenheit des Wassers notleidet. Bei eisernen Leitungen soll jedoch das Gefälle so bemessen werden, dafs die Geschwindigkeit nicht kleiner wird, als 0,4 m/Sek., um Inkrustation bezw. Oxydation zu vermeiden.

Der Hauptspeisegraben des Kanals von Nivernais hat ein Gefälle von 1 : 3300 bis 1 : 2500, das normale Querprofil desselben besitzt 1,20 m Sohlenbreite, 0,8 m Wassertiefe und $1^1/_2$malige Böschungen. Für die Brücken wurde das in Abb. 5, Taf. VI dargestellte Profil angenommen. Die Rechnung ergab unter Zugrundelegung desselben ein Gefälle von 1 : 2000. Man wählte jedoch ein doppelt so starkes Gefälle (1 : 1000) und zwar nicht allein für die Brücken, sondern auch in den nächsten Umgebungen derselben, damit selbst beim Eintritt ganz ungewöhnlicher Verhältnisse eine Überströmung unmöglich sei.

Der Verdon-Kanal hat ein mittleres Gefälle von 1 : 4750, das normale Querprofil hat 3,40 m Sohlenbreite, 1,50 m Wassertiefe und $1^1/_2$malige Böschungen. Die gröfseren Brücken erhielten bei einem rechteckigen Querschnitt von 2,50 m Breite und 1,50 m Wassertiefe ein Gefälle von 1 : 900. Man hat hierbei auf den Brücken eine Geschwindigkeit von 1,5 m für zulässig gehalten.

Die Wasserleitungsbrücke von Loebersdorf der Wiener Wasserleitung hat bei 1,10 m Breite und 1,10 m Wassertiefe ein Gefälle von 1 : 1700.

Abb. 1 bis 9. *Querschnitte der projektierten Apulischen Wasserleitung.*[1]) $^1/_{150}$ n. Gr.

Abb. 1. Abb. 2. Abb. 3. Abb. 4. Abb. 5.

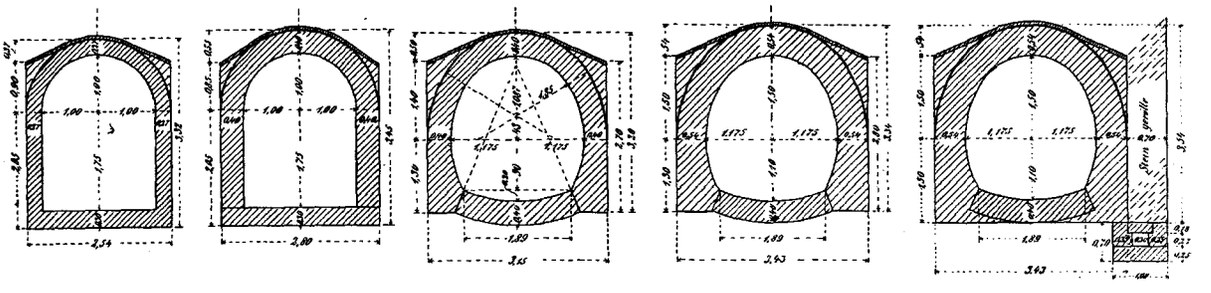
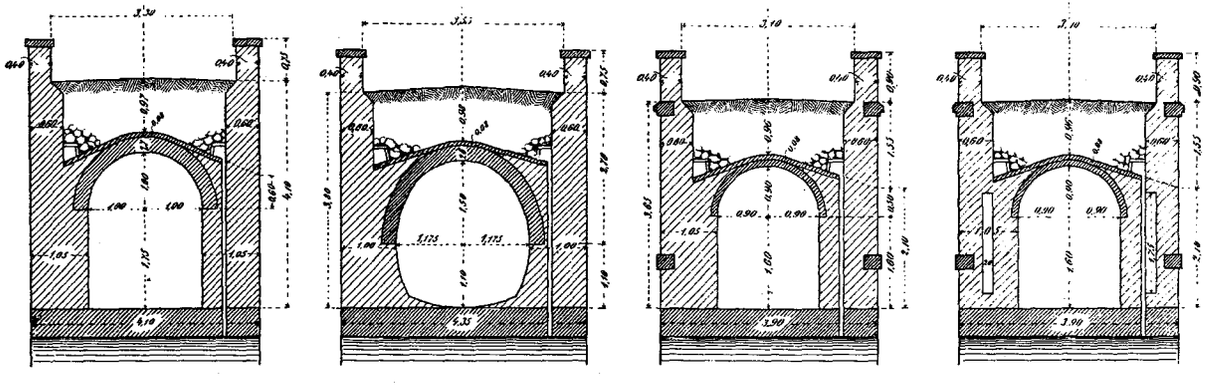


Abb. 6. Abb. 7. Abb. 8. Abb. 9.



Die Apulische Wasserleitung, welche infolge ihrer Länge von über 300 km zu den gröfsten Ausführungen ihrer Art zählt, soll sekundlich 4 cbm Wasser bei 1 m Geschwindigkeit abführen und hat deshalb in ihren Hauptstrecken 4 qm Querschnitt er-

[1]) Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 456.

halten. Das Durchschnittsgefälle beträgt 0,25 vom Tausend; auf den gröfseren Brücken ist das Gefälle jedoch auf 0,5 vom Tausend erhöht worden, um kleinere Querschnittsmafse zu erzielen. Der normale, bei nicht druckhaftem Boden zur Verwendung vorgeschlagene Querschnitt ist in Abb. 1 u. 2 dargestellt und besitzt bei halbkreisförmiger Überwölbung 2,75 m Höhe und 2 m Breite. In druckhaftem Boden gelangen die widerstandsfähigeren Querschnitte Abb. 3, 4, 5 zur Verwendung. Die gewöhnliche Füllungshöhe beträgt 2 m.

Während auf kleinen Brücken der Kanal ohne Gefällserhöhung und deshalb auch ohne Querschnittsverminderung durchgeht (vergl. Abb. 6 mit Querschnitt 1 und Abb. 7 mit Querschnitt 3) wird auf gröfseren Brücken das Gefälle auf 0,5 vom Tausend erhöht und der Querschnitt auf 1,80 m Breite und 2,50 m Höhe verkleinert, um an Mauerwerk zu sparen (Abb. 8).

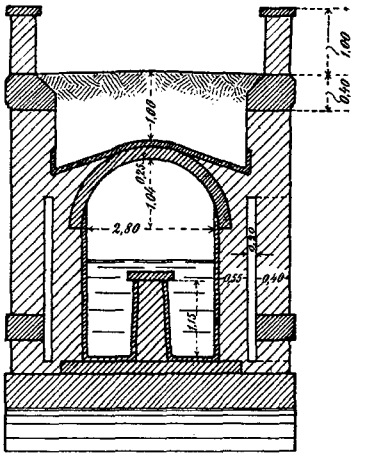
Die Gestaltung des Wasserquerschnittes geht mit der Wahl des Baustoffes für den Oberbau Hand in Hand. Geeignete Formen sind das Rechteck und der Kreis oder Teile desselben. Die Anwendung des ersteren oder eines dem Rechtecke nahe liegenden, trapezförmigen Querschnittes ist bei Kanalbrücken durch die Art ihrer Benutzung von vornherein geboten, während bei Wasserleitungsbrücken der Kreis insofern in erster Linie ins Auge zu fassen ist, als bei ihm nicht allein das Verhältnis zwischen Wasserquerschnitt und benetztem Umfang, sondern auch die Inanspruchnahme des begrenzenden Materials sich günstig gestaltet. Zwischen diesen beiden Grundformen liegt eine Reihe von Übergangsformen, betreffs deren die einzelnen Zeichnungen zu vergleichen sind. Bei Kanalbrücken ist im allgemeinen der rechteckige dem nicht selten vorkommenden trapezförmigen Querschnitt deshalb vorzuziehen, weil bei letzterem Beschädigungen der Seitenwände infolge des Frostes unausbleiblich sind, wenn auf Zertrümmerung der sich bildenden Eisdecken nicht grofse Sorgfalt verwendet wird.

2. Abmessungen. Nach Festlegung der Gefälleverhältnisse und der Form des Wasserquerschnittes ergeben sich die Abmessungen des letzteren bei Wasserleitungsbrücken mit Hilfe bekannter Rechnungen. Sehr oft werden jedoch diese berechneten Querschnitte bedeutend vergröfsert, um bei abgesenktem Wasserspiegel den Kanal mit kleinen Kähnen zur Beseitigung von Ablagerungen oder Herstellung von Ausbesserungen befahren zu können. Bei sehr grofsen Kanalbrücken werden die Querschnittsgröfsen in der Regel für die Durchfahrt eines Schiffes bemessen; bei kleineren wird die Sohlbreite durchgeführt. Dem hierüber im III. Teile des Handbuchs Gesagten (s. Kap. X) ist nur hinzuzufügen, dafs bei langen Kanalbrücken der Spielraum zwischen dem Schiffe und den Seitenwandungen etwas gröfser angenommen werden sollte, als bei kurzen. Das in Textabbildung 36, S. 121 dargestellte Bauwerk ist für 5 m breite Schiffe bemessen. Bei einer Brücke des Ganges-Kanals[2]), welcher sowohl der Schiffahrt, wie der Bewässerung dient, hat man, um einen ungestörten Betrieb zu ermöglichen, eine sehr grofse Breite gewählt und eine Mittelmauer angeordnet.

Aus demselben Grunde ist auch bei Wasserleitungsbrücken mitunter ein zweiteiliges Wasserprofil angeordnet worden, so z. B. bei den Brücken von Lucca und bei denjenigen von Lissabon. Auch für Aquadukte der Apulischen Wasserleitung ist eine Mittelmauer vorgesehen, wie Abb. 10 (S. 106) zeigt. Diese Skizze findet sich in Génie civil 1901, S. 80, während die ausführlichere Abhandlung über diesen Gegenstand im Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 455 von der Mittelmauer nichts erwähnt (s. Abb. 1 bis 9, S. 104).

[2]) Allg. Bauz. 1866, S. 312.

Abb. 10. *Brücke der projektierten Apulischen Wasserleitung. Querschnitt mit Mittelmauer.* 1/200 n. Gr.



Die Brücken von Lissabon sind, nebenbei bemerkt, auch wegen der ausgedehnten Vorkehrungen beachtenswert, welche man behufs Kühlhaltung und behufs Lüftung des Wasserraumes getroffen hat (s. Literatur).

Die Inanspruchnahme der einzelnen Teile des Oberbaues und der Tragkonstruktionen und demzufolge die Grundlage für die Berechnung derselben ergeben sich aus den Grundlehren der Hydrostatik. Insofern es sich um die Stützung des Kanales handelt, hat man es mit einer bleibenden und gleichförmig über das Bauwerk verteilten Belastung zu tun. Bei Bemessung derselben kann immerhin berücksichtigt werden, dafs vor den Schiffen Stauwellen entstehen und dafs das Wasser unter den Einwirkungen des Windes mitunter um einige Zehntel Meter in die Höhe getrieben wird. Die Verkehrsbelastungen sind vergleichsweise gering, die Spannungsschwankungen dementsprechend sehr klein. Erheblichere Veränderungen bezüglich der Spannungen treten nur ein, wenn während strenger Winterszeit oder bei Reparaturen das Wasser aus Kanalbrücken abgelassen wird. Leitungsbrücken sind fast stets mit Wasser gefüllt. Es folgt hieraus, dafs bei Berechnung der einzelnen Teile der Wasserleitungsbrücken verhältnismäfsig bedeutende Inanspruchnahmen zulässig sind und dafs die zarten Abmessungen, welche manche Wasserleitungsbrücken aufweisen, ihre volle Berechtigung haben.

Bei Kanalbrücken dagegen ergeben sich ziemlich starke Abmessungen, weil die Belastung zwar unveränderlich, aber sehr grofs ist. Bei der in Abb. 8, Taf. VI dargestellten Brücke, deren Mittelöffnung 17 m Spannweite hat, beträgt die Wasserlast beispielsweise 12,2 t, das Eigengewicht der Brücke etwa 4,2 t f. d. lfd. m. Eine 17 m weite, eingleisige Eisenbahnbrücke wäre bei Annahme gleichmäfsig verteilter Belastung für rund 7 t f. d. lfd. m zu berechnen. Bei Zugrundelegung der für neuere Schiffahrtskanäle geltenden Abmessungen müssen daher Kanalbrücken sehr kostspielige Bauwerke werden.

Literatur:

Fontenay-Hertel, Konstruktion der Viadukte, Aquadukte und Brücken von Mauerwerk. 2. Aufl. Weimar 1856.

Cresy, Encyclopaedia of civil engineering. (S. 170 u. ff. Aquadukte der Römer). London 1872.

Leger, Les travaux publics aux temps des Romains. Paris 1875 (S. 795. Nachrichten über römische Aquadukte).

M. M. v. Weber, Der Aquadukt über das Alcantara-Tal bei Lissabon. Ziv.-Ing. 1848, S. 554.

M. M. v. Weber, Der Aquadukt von Lissabon. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1881, S. 67.

Berichtigung der älteren unrichtigen Angaben über die Abmessungen des Aquadukts von Spoleto. Zentralbl. d. Bauverw. 1881, 18. Juni.

Clericetti, Über den Aquadukt von Spoleto. Il Politecnico 1884, I. S. 28.

Römische Wasserleitungen. Wochenbl. f. Baukunde 1885, S. 369.

Vergl. auch die Fufsnoten.

§ 3. Steinkonstruktionen.

1. Gewölbe. Von den tragenden Teilen der Steinkonstruktionen sind nur den Gewölben einige Worte zu widmen. Bei der Konstruktion derselben hat man sein Hauptaugenmerk darauf zu richten, das Entstehen von Sprüngen zu verhüten. Es empfiehlt sich daher, die Spannweiten nicht zu grofs zu wählen; es ist zwar bei der Bestimmung der Anzahl der Pfeiler und der Spannweiten der Gewölbe auf Kostenersparnis hin-

zuarbeiten[3]), man sollte aber die Lichtweiten, welche sich aus der betreffenden Untersuchung ergeben, etwas vermindern, weil die Weite der offenen Fugen mit der Länge der Wölblinie wächst. Die Bogenform ist mit Rücksicht auf tunlichste Einschränkung der Scheitelbewegungen zu wählen, welche infolge von Temperaturveränderungen eintreten. Der Halbkreisbogen und verwandte Formen verdienen deshalb von vornherein den Vorzug vor gedrückten Bögen.

Um Abtrennungen in den Gewölben entgegenzuarbeiten, welche unter den Stirnmauern nur zu leicht entstehen, ist vor allem eine angemessene Behandlung des Querprofils erforderlich, um das Gewicht der Stirnmauern und den auf dieselben entfallenden Wasserdruck zu vermindern (vergl. „Stirnmauern“); aufserdem können aber auch Anordnungen in Betracht kommen, durch welche ein inniger Verband der Wölbsteine hergestellt wird. Zu diesem Zweck hat man wohl eiserne Anker eingelegt oder (wie z. B. bei der Kanalbrücke von Guétin) in dem Gewölbe Verankerungsschichten angeordnet, deren Steine schwalbenschwanzförmig ineinandergreifen. Zu demselben Zweck sind auch schwalbenschwanzförmig gestaltete und in Öl gesottene Holzeinlagen, welche die entsprechend ausgearbeiteten Gewölbesteine miteinander verbinden, benutzt. — Die Hauptsache ist indessen, dafs für die Gewölbe ein guter und gleichmäfsiger Baustoff gewählt und ein vorzüglicher hydraulischer Mörtel verwendet wird. Gute Backsteine und sorgfältig bearbeitete Hausteine sind in der Regel den Bruchsteinen vorzuziehen. Bruchstein- und Backsteingewölbe mit Quaderverkleidung an den Stirnen sind nicht zu empfehlen. Für die Apulische Wasserleitung sind als Baustoffe Ziegelsteine und an Ort und Stelle gewonnene Kalksteine vorgesehen; als Mörtel soll eine die Wasserdichtigkeit verbürgende Mischung von Fettkalk und Puzzolanerde Verwendung finden, da Fettkalk überall und gute Puzzolanerde in der Nähe des von der Wasserleitung berührten Monte Vulture billig zu haben ist. Dieselbe Puzzolanerde soll mit langsam bindendem Zement gemischt, nach den angestellten Versuchen einen vorzüglichen glatten Putz der Innenwände ergeben.

Für die Gewölbe und den gesamten Überbau der Kanalbrücken sollen besonders lagerhafte und sorgfältig bearbeitete Bruchsteine verwendet werden, um die Entstehung von Rissen möglichst zu verhüten.[4])

Aufserdem müssen alle Vorsichtsmafsregeln, durch welche man ein gutes und von nachträglichen Bewegungen tunlichst freies Mauerwerk erzielen kann (Belastung der Lehrgerüste vor dem Einwölben, längere Ruhe der Gewölbe auf dem Gerüst, Belastung derselben vor Ausführung der Stirnmauern u. dergl. mehr) getroffen und gut durchgeführt werden. Wegen sonstiger Einzelheiten ist auf die eingehenden Beschreibungen gröfserer Ausführungen zu verweisen, namentlich auf die Beschreibungen der Ausführung der Wasserleitungsbrücken von Montreuillon, sowie der Kanalbrücken des Rhein-Marne-Kanals und der Kanalbrücke von la Tranchasse.

Die Stirnmauern haben den seitlich gerichteten Wasserdruck auszuhalten. Es sind deshalb gekrümmte Querschnittsformen derselben hinsichtlich der Standfestigkeit besser, als solche mit senkrechter Wandung; es ist das ein weiterer Grund für die Verwendung kreisförmiger Querschnitte bei Wasserleitungsbrücken. Mitunter ist es gestattet, obere Querverbindungen anzubringen und auf diese Weise jene seitlich gerichteten Kräfte zum Teil aufzunehmen (vergl. Abb. 15, S. 109). Bei Kanalbrücken haben die Stirnmauern aufserdem den Leinpfad aufzunehmen und sollen deshalb eine

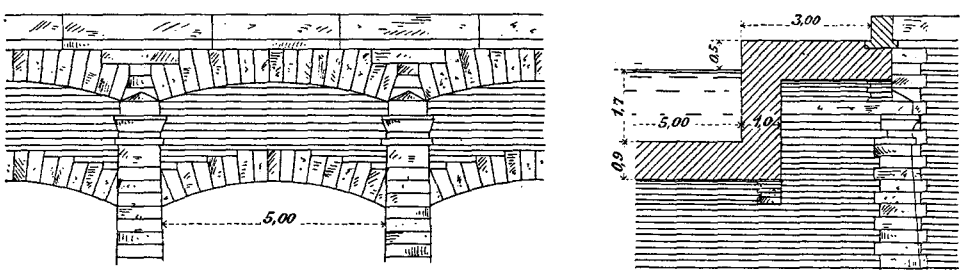
[3]) Eine derartige Untersuchung findet man: Ann. des ponts et chaussées 1851, 1. Sem., S. 312 u. 327.

[4]) Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 455.

obere Breite erhalten, welche den Abmessungen des Leinpfades entspricht. Aus diesem Grunde sollten die Mauern nicht wagerecht abgedeckt werden, sondern im Pflaster oder im Plattenbelag einen angemessenen Wasserablauf erhalten. Um den Pferden Schutz beim Ausgleiten zu gewähren, ist eine wulstförmige Verstärkung der Deckplatten oder eine ähnliche Konstruktion (vergl. Textabb. 20, S. 112, 23, S. 114, 37, S. 122 u. Taf. VI, Abb. 8) an der Kante des Kanals anzuordnen. Derartige Stirnmauern sind jedoch ziemlich kostspielig, auch belasten sie die Gewölbe allzustark. Man hat deshalb schon bei älteren Kanälen Anordnungen getroffen, durch welche jene massigen Stirnmauern vermieden werden. Eine solche findet man bei der Kanalbrücke über den Orb (Taf. VI, Abb. 8).

Die gewählte Anordnung, welche durch die Zeichnung hinlänglich erläutert wird, ist ohne Frage schön und zweckmäfsig, dabei aber recht kostspielig. In der 2 m breiten Aussparung ist ein Fufsweg untergebracht. In einfacherer Weise ist dieselbe Aufgabe bei der Kanalbrücke über die Largue gelöst, indem man den Leinpfad auf besondere Gewölbe setzte (Abb. 11). Diese Lösung kann als gelungen bezeichnet werden.

Abb. 11. *Kanalbrücke über die Largue.* 1/200 n. Gr.



Eine ähnliche Anordnung ist bei der Kanalbrücke von Arnaville getroffen, bei dieser sind jedoch die äufseren Bogen halbkreisförmig, so dafs das Aussehen des Bauwerkes nicht das beste ist. Bei der Kanalbrücke von Terroin hat man in den Seitenmauern des Kanalbettes, deren obere Breite 2,30 m beträgt, einen Kanal mit quadratischem Querschnitt von 0,65 m Breite und Höhe ausgespart.

Hagen erwähnt in seiner Wasserbaukunst (II. Teil 3. Bd., S. 679), dafs man für eine Kanalbrücke des Union-Kanals bei Edinburg mit Erfolg einen Luftkanal unter dem Kanalbett angeordnet hat, welcher ursprünglich angelegt war, um im Winter mit Hilfe einer Heizvorrichtung das Wasser vor Frost zu bewahren. „Man hat jedoch die Bemerkung gemacht, dafs es der Feuerung nicht bedarf, dafs vielmehr aus dem Innern der hohen Dammschüttungen soviel Wärme abgesetzt wird, dafs die Luft, welche jenen Kanal durchstreicht, schon das Frieren des Wassers verhindert. Ein so günstiges Resultat dürfte indessen im nördlichen Deutschland nicht zu erwarten sein, wo die Winter viel kälter sind, als in Schottland."

Mindestens ist durch ein kräftig auskragendes Hauptgesims auf Einschränkung der Stirnmauerstärken hinzuarbeiten; beispielsweise hat man bei der Kanalbrücke von Agen über die Garonne auf diesem Wege erreicht, dafs der Abstand von Stirn zu Stirn um 0,4 m kleiner ist, als die obere nutzbare Breite des Bauwerks (Abb. 12).

Soll nur die grofse Höhe der Stirnmauer gemildert werden, so kann dies durch nischenförmige Aussparungen geschehen. Dies findet man in einfacher Weise bei der Vanne-Wasserleitungsbrücke (Taf. VI, Abb. 11) und in sehr schön gelungener Ausführung bei einigen Brücken des Dortmund-Ems-Kanals (Abb. 13 u. 14). Vergl. auch: „Brücke des Biwa-Kanals". Engng. News 1893, S. 341 und Aquadukt des Elektrizitätswerks bei Vizzola-Ticino in der Lombardei (Abb. 17 u. 18, S. 111 dieses Kapitels).

2. Deckenabschluſs. Ein Abschluſs des Profils nach oben, welcher natürlich nur bei Wasserleitungsbrücken möglich ist, findet entweder durch das Profil selbst oder durch eine besondere Deckenkonstruktion statt. Das für die Decke gewählte Material bestimmt ihre Form. Am häufigsten sind die Stirnmauern durch ein Gewölbe verbunden, welches jedoch den Schub auf die Stirnmauern noch vergröſsert (s. die Tafelabbildungen).

Auch die für die Apulische Wasserleitung in Aussicht genommenen Wasserleitungsbrücken zeigen diese Form, wie aus den Abb. 6 bis 9 (S. 104) hervorgeht.

Gegenüber der Überwölbung parallel zur Kanalachse besitzt die Nashua-Wasserleitungsbrücke eine bessere Konstruktion. Diese Konstruktion (Abb. 15) übt keinen Schub aus und kann die Stirnwände noch miteinander verspannen.

Auch einfache Bohlendecken kommen vor (Taf. VI, Abb. 2).

Gröſsere Brücken werden ohne Überdeckung hergestellt. Bei Wasserleitungsbrücken pflegt man alsdann zu beiden Seiten des Bettes einen Fuſspfad anzuordnen und zwar in mindestens 0,60 **m**, oft aber in gröſserer Breite. Für den Höhenabstand zwischen dem Fuſspfade und dem Wasserspiegel ist 0,50 **m** ein übliches Maſs.

Abb. 12. *Kanalbrücke von Agen.* 1/200 n. Gr.

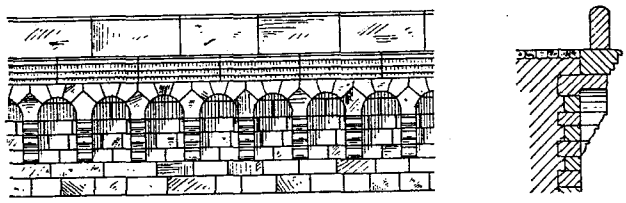


Abb. 13 u. 14. *Kanalbrücken des Dortmund-Ems-Kanals.* 1/200 n. Gr.

Abb. 13.

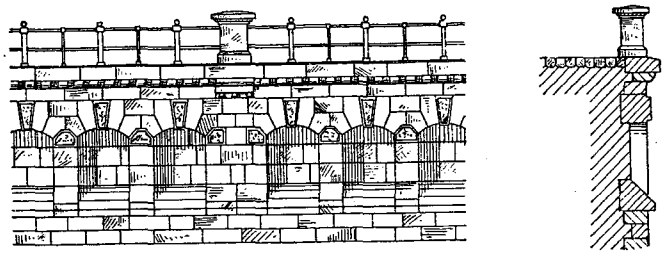


Abb. 14.

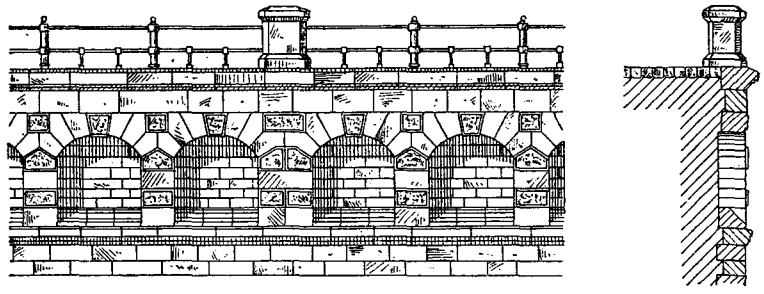
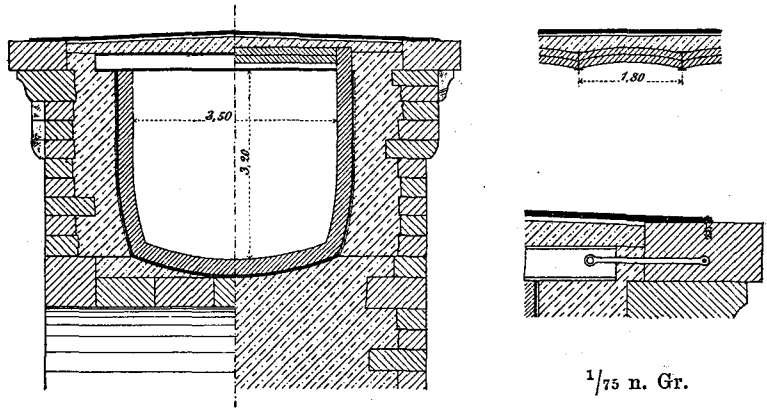


Abb. 15. *Nashua-Brücke der Wasserleitung für Boston (Mass.)*[5]

1/150 n. Gr. 1/150 n. Gr.



1/75 n. Gr.

3. Abdichtung. Eine gute Abdichtung des Wasserbettes gegen den Unterbau ist einer der wichtigsten Punkte der ganzen Konstruktion, da durch ein Durchsickern des Wassers nicht nur im Sommer ein unschönes Nässen des Bauwerkes eintritt, sondern auch im Winter ein Erweitern der Risse durch Frost stattfindet. Wenn man auch die

[5]) Vergl. Engng. News 1897, No. 8.

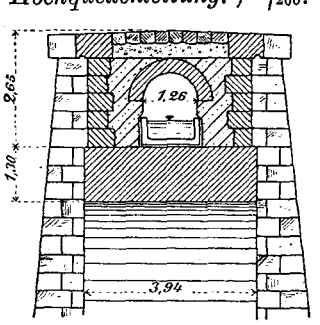
Entstehung von Sprüngen durch Wahl der besten Baustoffe und sorgfältigste Ausführung fast ganz verhüten kann, so sind doch Bewegungen des Mauerwerkes infolge von Temperaturveränderungen unausbleiblich. Eine aufmerksame Beobachtung zeigt, dafs die offenen Fugen, welche in der Gegend der Bruchfuge der Gewölbe aufzutreten pflegen, sich bei Tage öffnen und des Nachts schliefsen und dafs dieselben im Winter weiter als im Sommer sind. Diese Erscheinungen kommen schon bei gewölbten Strafsen- und Eisenbahnbrücken vor, wie viel mehr also bei Wasserleitungs- und Kanalbrücken, bei welchen der Temperaturunterschied zwischen aufsen und innen viel bedeutender ist. Um diese Temperaturunterschiede nicht oder besser gesagt, weniger wirksam werden zu lassen, ist bei den Brücken der Apulischen Wasserleitung eine Luftschicht als Isoliermittel vorgesehen (vergl. Abb. 9, S. 104).

Es ist aus vorgenannten Gründen nicht angezeigt, Oberbau und Gewölbe aus einem Stück auszuführen, wie dies bei der Vanne-Leitung (Taf. VI, Abb. 9 u. 11) geschehen ist; denn jeder Sprung oder Rifs im Gewölbe kann sich dem Oberbau mitteilen. Aber wenn auch der Oberbau vollständig gesondert von den Gewölben aufgeführt wird, so ist eine Abdichtung durch einen geeigneten Stoff dennoch nötig.

Bei der Wiener Franz Joseph-Hochquellenwasserleitung waren die Sohle und die 1,26 m starken Stirnmauern der Wasserleitungsbrücken mit einem 5 cm starken, geglätteten Portlandzementputz versehen worden und man glaubte, dafs die Bauwerke vollständig wasserdicht bleiben würden.[6]) Nach einigen Jahren zeigte sich jedoch ein starkes Nässen der Wasserleitungsbrücken, als dessen unmittelbare Ursache sich das Vorhandensein feiner Sprünge und Risse (Haarrisse) in dem Zementputz ergab. Dieselben waren so fein, dafs sie oft mit freiem Auge nicht wahrgenommen werden konnten. Die Untersuchung stellte fest, dafs nur die Temperaturunterschiede die Sprünge veranlafst haben konnten.

Bei der „Adduction des eaux du Loing et du Lunain", Génie civil 19. Jan. 1901, S. 181, wurde dort, wo die aus einem gemauerten Kanal von 2,54 m i. L. bestehende Wasserleitung das Gelände um einige Meter überragte, der Aquadukt auf Pfeiler und Gewölbe von 5 bis 6 m Durchmesser gesetzt und das ganze Bauwerk derart mit Erde dammförmig überschüttet, dafs die geringste Deckung mindestens 50 cm betrug. Die Dammkrone hatte dabei 1,60 m Breite; die Böschung betrug $1 : 1^1/_2$.

Abb. 16. *Schwarza-Wasserleitungsbrücke der Wiener Hochquellenleitung.*[7]) $^1/_{200}$.



Die Abdichtung der Wasserleitungs- und Kanalbrücken kann nun auf verschiedene Arten erreicht werden.

Sie kann erstens geschehen durch eine vollständige Trennung der wasserführenden Rinne von den umgebenden Teilen.

Bei der 48 m langen Schwarza-Wasserleitungsbrücke der in den Jahren 1887—94 ausgeführten Erweiterungsbauten der Wiener Hochquellenleitung wurde die wasserführende Betonrinne durch Pappeinlagen an den Seitenwänden und der Sohle von dem Brückenmauerwerk vollständig getrennt (Abb. 16). Sie bildet einen selbständigen Trog und kann infolge dessen an den Bewegungen des Mauerwerkes nicht teilnehmen.

Auch der für das Wasserkraft- und Elektrizitätswerk bei Vizzola-Ticino in der Lombardei (erbaut 1897—1900) errichtete Aquadukt von 200 m Länge und 53 cbm sekundlicher Leistungsfähigkeit ist auf ähnliche Art gesichert.

[6]) Vergl. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 217.

[7]) Vergl. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1894, Taf. X.

Der Aquadukt ist mit 4,8 m weiten Bogenöffnungen aus Beton hergestellt. Die Pfeiler stehen auf Pfahlrosten von wechselnder Tiefe. Die sonstigen Anordnungen und Abmessungen sind aus den Abb. 17 u. 18 ersichtlich. Der Kanal bildet mit dem Vorbecken für die Turbinenleitungen einen zusammenhängenden Betonkörper von mehr als 300 m Länge. Um diesen den unvermeidlichen, durch Wärmewechsel entstehenden Rissen gegenüber wasserdicht zu machen, erhielten Wände und Sohlenmauerwerk eine dreifache Einlage von geteertem Filz, von der man erwartet, dafs sie bei starken Pressungen und auch bei Rissen im Mauerwerk dichthalten und Durchsickerungen von Wasser verhüten wird.

Abb. 17 u. 18. *Aquadukt des Wasserkraft- und Elektrizitätswerkes bei Vizzola-Ticino in der Lombardei.*[8])

Abb. 17. Ansicht. 1/400 n. Gr.

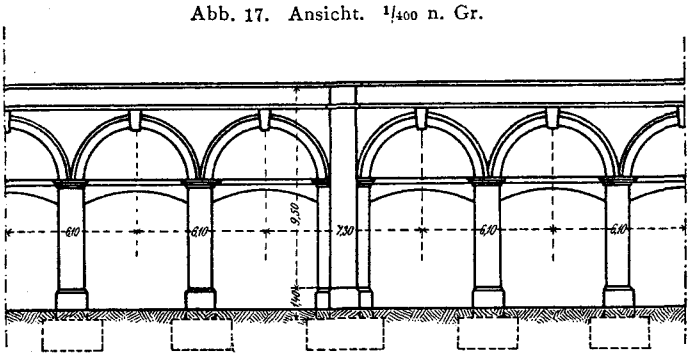
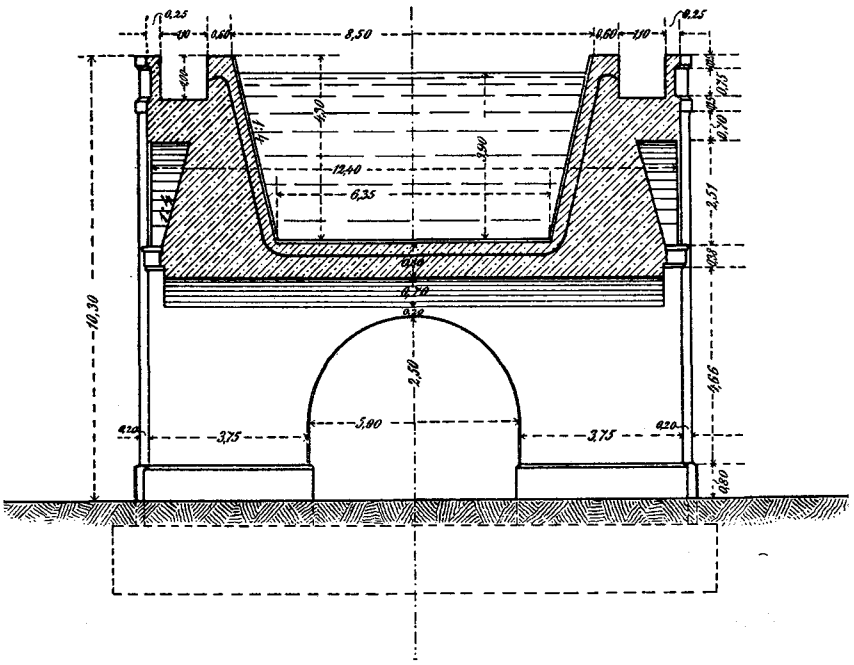


Abb. 18. Querschnitt. 1/400 n. Gr.



Oder man geht noch einen Schritt weiter und stellt die Rinnen aus Eisen her. Bei der in Abb. 10, Taf. VI dargestellten Vanne-Wasserleitungsbrücke hat man z. B. eiserne Leitungsrohre auf das aus Zementgufs hergestellte Bauwerk gelegt.

Die Abdichtung kann zweitens geschehen durch Überziehen der Sohle und Seitenwände mit einem möglichst zähen Material, wie Tonschlag (*puddle*) und Asphalt.

Die in Abb. 15, Taf. VI dargestellte Kanalbrücke ist durch Tonschlag gedichtet; derselbe findet auch bei dem Anschlufs an die Dämme Anwendung.

Tonschlag ist im allgemeinen gut, nur mufs er von geübten Arbeitern hergestellt werden. Ein Übelstand des Tonschlages ist, dafs er bei Entleerungen des Wasserbettes Frost und Austrocknen nicht vertragen kann. Besser in dieser Beziehung sind die Asphaltabdeckungen, die aber auch vorzüglichste Ausführung verlangen. Die Brücken der Wiener Franz Joseph-Hochquellenwasserleitung (Abb. 19) wurden nachträglich durch eine zähe Masse, bestehend aus Asphalt, Goudron und Kautschuk, gedichtet. Die Kosten betrugen 2,50 fl. f. d. qm.

[8]) Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 144.

Abb. 19. *Brücke der Wiener Franz Joseph-Hochquellenwasserleitung.*

1/200 n. Gr.

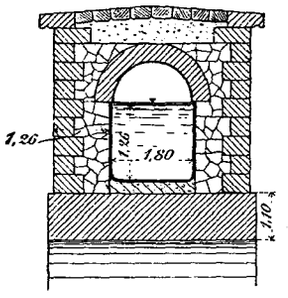
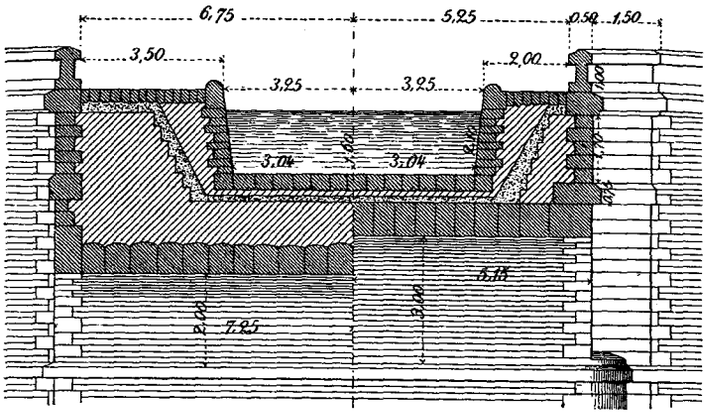


Abb. 20. *Alte Kanalbrücke über die Saar.* 1/200 n. Gr.



Auch die alte, jetzt abgebrochene Kanalbrücke des Rhein-Marne-Kanals über die Saar hatte über den Gewölben und dem abgetreppten Mauerwerk der Stirnwände erst eine Betonschicht und dann eine Asphaltschicht, die bis über den Wasserspiegel ragte, als Abdichtung erhalten (Abb. 20). Diese Abdichtung hat jedoch nicht standgehalten; denn bei den Wiederherstellungsarbeiten des Rhein-Marne-Kanals machte der bauliche Zustand der 40 Jahre im Betrieb gewesenen Brücke einen Umbau nötig. Das Mauerwerk hatte so stark gelitten, dafs Durchsickerungen fast nicht mehr zu beheben waren. (Über die aus Eisen hergestellte neue Brücke vergl. Fufsnote 19.) Der Grund der Undichtheit dieser Asphaltabdeckung kann in einer nicht genügend sorgfältigen Herstellung oder in Beschädigungen derselben liegen. Jedenfalls bildet eine sorgfältig hergestellte und mit einer Schutzabdeckung versehene Asphaltlage eine gute Abdichtung. Dieselbe hat auch bei den Kanalbrücken des Dortmund-Ems-Kanals Verwendung gefunden. Die Abdichtung des Gewölbes und der Seitenmauern der in Abb. 14, Taf. VI dargestellten Wegunterführung unter diesem Kanal geschah folgendermafsen: Auf dem Gewölbe ist eine im ganzen 20 cm starke Abdichtung vorhanden, bestehend aus einem 3 cm starken Zementputz, auf welchem erst eine harte und dann eine weiche Asphaltschicht aufgebracht ist. Die Dicke jeder Schicht beträgt 2 bis 2,5 cm. Zum unmittelbaren Schutz dieser Asphaltschichten und zugleich zur weiteren Dichtung dient eine in Asphaltmörtel verlegte Klinkerschicht, auf welche nochmals eine 1 cm starke harte Asphaltschicht aufgebracht ist. Über dem Ganzen befindet sich eine an der schwächsten Stelle 65 cm starke Lehmdichtung, die sich auf die ganze Länge des Bauwerks erstreckt und noch in die angrenzenden Kanalstrecken reicht. Zwischen den Flügelmauern ist die Lehmdichtung 1,30 m stark (Abb. 22) und verstärkt sich unmittelbar an dem Gewölbe auf 5 m.

An den Seitenwänden (Abb. 21) ist die Dichtung in etwas veränderter Form durchgeführt worden. Die innere harte Asphaltschicht fehlt und die Dichtung besteht demnach aus: Zementputz 3 cm, weiche Asphaltschicht 3,5 bis 4 cm, Klinkerflachschicht in Asphaltmörtel, harte Asphaltschicht 1 cm. Zum Schutze der Seitenwanddichtung dient eine oben 10 und unten 5 cm starke, auf 16 : 16 cm starken Hölzern befestigte Bohlwand (Reibwand), Abb. 21 u. 22. Diese Bohlwand setzt sich auf ausgekragte Steine und ist in dem Mauerwerk verankert.

Die Abdichtung kann drittens geschehen durch Herstellung einer dichten Metalllage. Diese Art ist am sichersten, jedoch auch am teuersten.

Aquadukt- und Kanal-Brücken.

Abb. 1 Aquadukt von Sing-Sing Kill. (Wasserleitung für New York)

Abb. 2a-2b Blaircair-Aquadukt. (Wasserleitung für Glasgow) M. 0,0084.

Abb. 6a-6c Bach-Aquadukt (Oesterr. Südbahn.)

Abb. 6d Ansicht. Abb. 6e Längenschnitt

Abb. 12a-12b Aquadukt bei Leobersdorf. (Wiener Wasserleitung) M. 0,0033.

Abb. 3a M. 0,005

Abb. 3b M. 0,0025.

Abb. 3a-3b Aquadukt von la Frétte.

Abb. 7a-7c Aquadukt für einen Bewässerungskanal der Bocker Haide

Abb. 13a-13d Kanalbrücke über die Zorn.

Abb. 13a Ansicht. M. 0,004. Abb. 13b Längenschnitt. Abb. 13c Querschnitt.

Abb. 8a-8b Kanalbrücke über den Orb M. 0,005.

Abb. 13d Grundriss M. 0,0013.

Abb. 14a-14c Kanal von Dortmund nach den Emshäfen. Weg-Unterführung. M. 0,0033.

Abb. 14a Ansicht.

Abb. 14b Schnitt QS. Abb. 14c Schnitt TU.

Abb. 15 Englische Kanalbrücke. M. 0,0041.

Abb. 4a

Abb. 4b-4c Kanalbrücke von St. Firmin bei Briare M. 0,0025.

Abb. 5. Aquadukt des Speisegrabens für den Kanal von Nivernais. M. 0,005.

Abb. 9a-9b Vanne-Aquadukt. M. 0,005.

Abb. 10a-10c Vanne-Aquadukt. M. 0,005.

Abb. 11a-11d Vanne-Aquadukt (Wasserleitung für Paris) M. 0,005

Abb. 16a-16c Aquadukt des Leina-Kanales über die Thüringische Eisenbahn. M. 0,0045.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Abb. 21 u. 22. *Asphaltdichtung des Dortmund-Ems-Kanals.*

Abb. 21. 1/50 n. Gr.

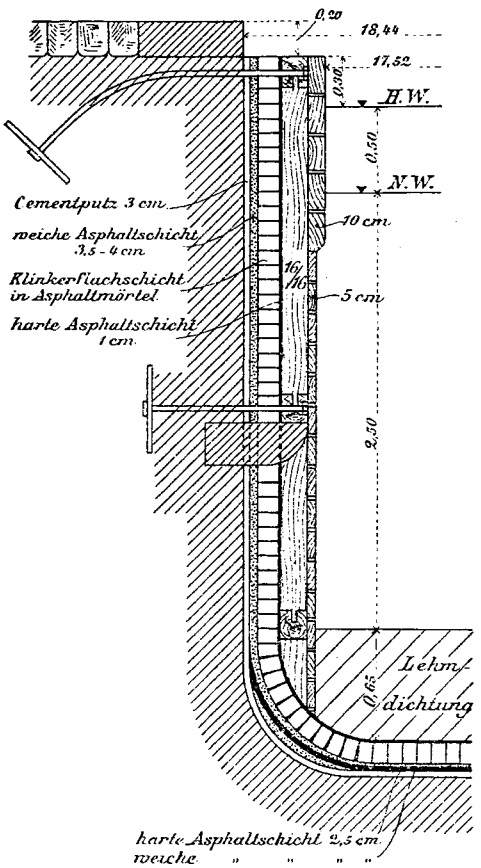
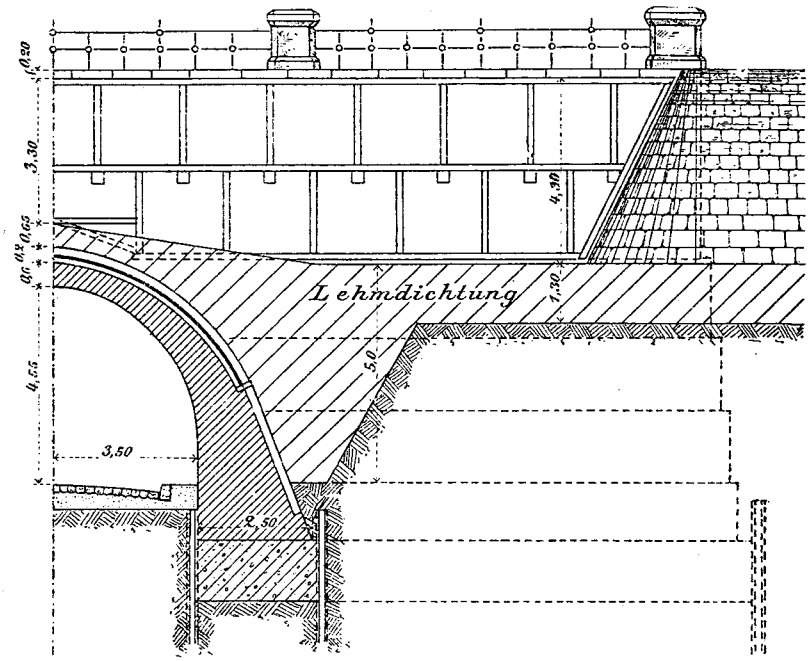


Abb. 22. 1/100 n. Gr.



Die Brücke von Sing-Sing-Kill der Wasserleitung für New York (Taf. VI, Abb. 1) ist durch einen gufseisernen Trog wasserdicht gemacht. Die Wandstärke desselben beträgt 1,6 **cm** bei 1,27 **m** Wassertiefe.

Zur Abdichtung der Nashua-Brücke der Wasserleitung für Boston (Abb. 15, S. 109) wurden Boden und Seitenwände mit Bleiplatten abgedeckt, mit Asphalt vergossen und mit einer Backsteinschicht übermauert.

Die zur Abführung der Pariser Abwässer dienende Brücke über das Tal de la Frette (Taf. VI, Abb. 3), mit einem kreisrunden Querschnitt von 3 **m** Lichtweite, ist mit einer doppelten Lage Bleiblech überzogen, welches in eine Monierhülle gebettet wurde. Da man Blei nicht mit Zement in Berührung bringen soll, ist jedenfalls noch eine trennende Zwischenschicht vorhanden.

Auch bei dem Dortmund-Ems-Kanal kam bei der Überführung des Kanals über die Ems eine Bleiplattenabdeckung zur Anwendung.

Auf die Sohle und die senkrechten Seitenwände kam zunächst ein 1,5 **cm** starker Zementputz. Auf diesem liegt Dachpappe und hierauf befindet sich die 3 **mm** starke Bleiabdeckung (Abb. 23). Die einzelnen Bleiplatten sind sorgfältig miteinander verlötet und ragen in einer Höhe von 20 **cm** über dem späteren, angespannten Wasserspiegel 30 **cm** tief in das Mauerwerk hinein. Zum Schutze dieser Dichtung befindet sich auf der Sohle eine 12 **cm** starke Rollschicht auf 5 **cm** starker Sandbettung. An den Seitenwänden sind hölzerne Schutzwände angeordnet (Abb. 23 u. 24). Der untere 2,30 **m** hohe Teil derselben besteht aus 15 : 15 **cm** starken Hölzern mit einer 7 **cm** starken Bohlen-

Abb. 23, 24 u. 25. *Kanalbrücke des Dortmund-Ems-Kanals über die Ems.*

Abb. 23. 1/30 n. Gr.

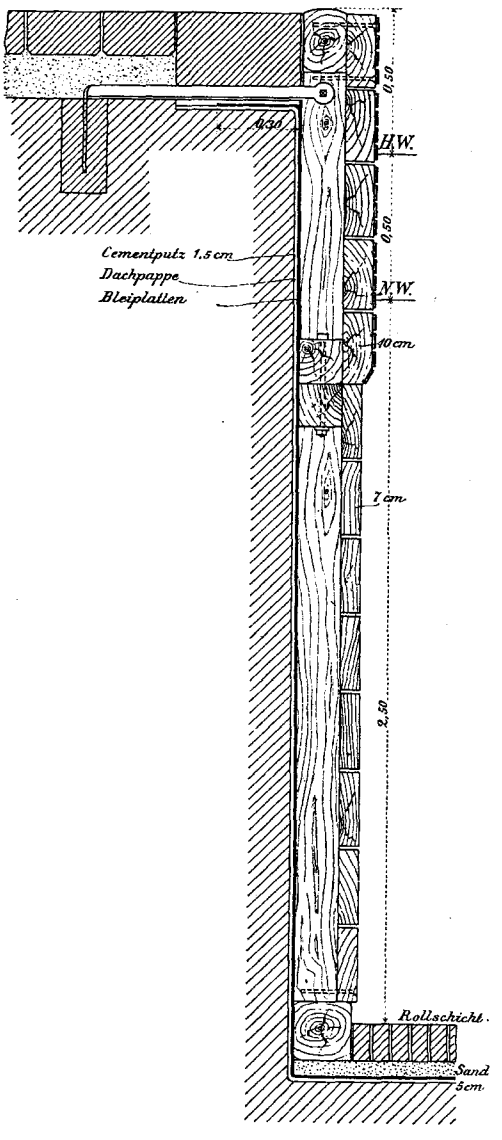


Abb. 24. 1/300 n. Gr.

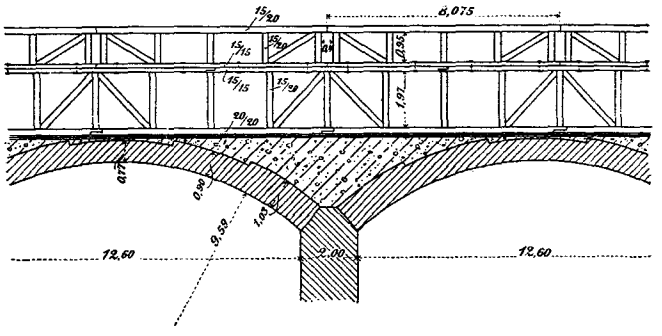
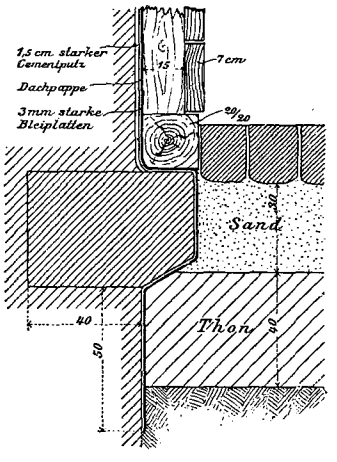


Abb. 25. 1/30 n. Gr.



verkleidung. Der obere Teil der Wand, welcher eher Beschädigungen ausgesetzt ist, wurde stärker konstruiert. Die Hölzer sind 15 : 20 cm und die Bohlen 10 cm stark. Auf den Bohlen sind aufserdem noch 5 cm breite und 0,3 cm starke Eisenbänder aufgenagelt. Die Schutzwand wird unten durch die Rollschicht, oben durch eiserne Anker gehalten. Der obere Teil der Wand ist aus Pitch-pine-Holz, der untere aus Kiefernholz hergestellt. Das oberste Kantholz ist abgerundet und ragt in der Höhe etwas über den Leinpfad hinaus.

Die Flügelmauern sind ebenfalls mit Bleidichtung und einer auf ausgekragten Steinen ruhenden Schutzwand versehen (Abb. 25). Die Bleiplatten gehen über die Konsolsteine hinweg und bedecken die Flügelmauern bis 1,10 m unter Kanalsohle. Zwischen den Flügelmauern ist die Kanalsohle durch 40 cm starken Tonschlag gedichtet. Über demselben befindet sich Pflaster auf 30 cm starker Sandbettung.

Die Bleiabdeckung kostete einschliefslich Pflaster und Schutzwand für die Ems-Kanalbrücke 79000 M. und für die in gleicher Art ausgeführte Lippe-Kanalbrücke 74500 M.

Der Anschlufs des Wasserbettes an die Dämme mufs sehr sorgfältig hergestellt werden, um die Bildung von Wasseradern zu verhindern. Man hat also dafür zu sorgen, dafs der anschliefsende Erdkörper in bester Weise und unter Anwendung der bei den Staudämmen der Sammelteiche üblichen Mittel hergestellt wird. Aufser-

dem empfiehlt sich die Anwendung eines zähen Übergangskörpers; es ist also auch an dieser Stelle Tonschlag am Platze und bei den in Abb. 22 u. 25 dargestellten Anordnungen bereits beschrieben. Eine entsprechende Profilierung des Tonschlages, wie die Anordnung in Abb. 16°, Taf. VI zeigt, kann die Wirkung desselben nur erhöhen.

Auch der Anschlufs der Leinpfade ist von Bedeutung. Am bequemsten für den Verkehr ist eine S-förmige Anordnung, wie sie bei der Kanalbrücke über den Orb bei Béziers (Abb. 26) und bei der Kanalbrücke bei Arnaville zur Ausführung kam. Bei letzterer ist der an die Brücke grenzende Schenkel des S aus Mauerwerk, der andere aus Erde hergestellt.

Abb. 26. *Kanalbrücke über den Orb bei Béziers.* 1/750 n. Gr.

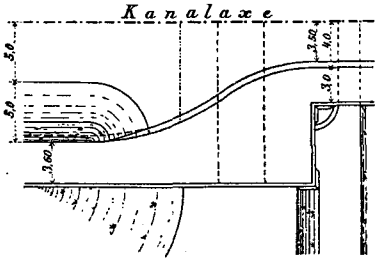
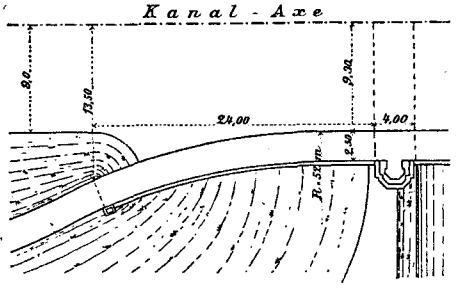


Abb. 27. *Kanalbrücke des Dortmund-Ems-Kanals über die Ems.* 1/750 n. Gr.



Eine ähnliche Anordnung zeigt Abb. 27. Dort sind die den einen Schenkel des S bildenden Stirnmauern nach einem Radius von 52 m (von der Innenkante aus gemessen) gekrümmt. Auch Anordnungen wie in Abb. 13ᵈ, Taf. VI kommen vor; es ist jedoch eine schräge Lage der Flügelmauern oder eine gekrümmte Form des Grundrisses derselben (in derselben Abbildung bei *M* und *N* punktiert eingezeichnet) in der Regel vorzuziehen.

4. Leerlauf. Um die Brücke bei Unterhaltungsarbeiten gegen die benachbarten Teile abschliefsen und entleeren zu können, sind die nötigen Vorkehrungen zu treffen. Man findet hierzu Schützenwehre[9]), Nadelwehre, Dammbalken und Stemmtore nebst den zugehörigen Ablafskammern und Leitungen angeordnet. Hierüber ist nichts besonderes zu bemerken, vergl. jedoch „Eisenkonstruktionen“ S. 126.

Baukosten und Unterhaltung. Zwei Wasserleitungsbrücken im Hauptspeisegraben des Kanals von Nivernais, die von Marigny (84,0 m lang, 14,30 m gröfste Höhe) und die von Montreuillon (150,3 m lang, 33,6 m gröfste Höhe, Profil des Kanalbettes s. Abb. 5, Taf. VI) haben 57000 und bezw. 217000 M. gekostet.

Von den Brücken des Verdon-Kanals kostete die

	f. d. qm Ansichtsfläche
von Beaurivet (Länge 88 m, gröfste Höhe 14,5 m, Breite zwischen den Stirnen 4,2 m)	49 M.
von Malourie (Länge 32 m, gröfste Höhe 19,4 m, Breite zwischen den Stirnen 4,2 m)	59 „
von Parouvier (Länge 143,5 m, gröfste Höhe 21,5 m, Breite zwischen den Stirnen 4,0 m)	50 „

(Bei Ermittelung der Ansichtsflächen sind die Öffnungen nicht in Abzug gebracht.)

Sehr teuer war die Wasserleitungsbrücke von Roquefavour. Dieselbe ist bis 82,50 m hoch und soll 134 M., nach anderen Angaben sogar noch mehr f. d. qm Ansichtsfläche gekostet haben. Sie hat 4,9 m Breite zwischen den Stirnen.

[9]) Über die Anbringung von sechs Schützöffnungen in den Aquadukten des Bewässerungskanals der Boker-Heide (s. Abb. 7, Taf. VI), ist die Quelle (Zeitschr. f. Bauw. 1856, S. 34) zu vergleichen.

Die auf Taf. VI, Abb. 13[a–d] dargestellte Kanalbrücke über die Zorn (80,4 m lang, 9,2 m zwischen den Stirnen breit, Höhe oberhalb des Fundaments 6,3 m) hat 31200 M. gekostet und die Kanalbrücke über den Orb (Abb. 8) 5380 M. f. d. m Öffnungsweite.

In Betreff der Unterhaltungskosten der Kanalbrücken kann der Verfasser nur eine Notiz bringen. Die Brücke des Leina-Kanals (Abb. 16, Taf. VI), deren Konstruktion sich in jeder Beziehung bewährt zu haben scheint, erfordert jährlich und durchschnittlich nicht mehr als 50 M. an Unterhaltungskosten in runder Summe.

Die Wildbachüberführungen (Abb. 6, Taf. VI) unterliegen bezüglich der Gefälleverhältnisse, der Behandlung des Bettes u. s. w. selbstverständlich besonderen Gesetzen; da dieselben vergleichsweise selten vorkommen, so mufs wegen des Näheren auf die Originalmitteilungen verwiesen werden.[10])

Literatur. Steinerne Wasserleitungsbrücken:

Aquadukte des Hauptspeisegrabens für den Kanal von Nivernais. Ann. des ponts et chaussées 1851, 1. Sem., Pl. 9 u. 10.

Aquadukt von Roquefavour. Nouv. ann. de la constr. 1857, S. 37.

Aquadukt des Leina-Kanals über die Thüringische Eisenbahn. Schubert, Konstruktion steinerner Bogenbrücken.

Aquadukt des Bewässerungskanals von Carpentras. Allg. Bauz. 1862, Bl. 480.

Aquadukte der Wasserleitung für New York. Ann. des ponts et chaussées 1862, 2. Sem., S. 142.

Aquadukt des Cavour-Kanals. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1869, Bl. 558 u. 559.

Vanne-Viadukte. Nouv. ann. de la constr. 1872, S. 12; 1873, S. 11; 1874 (Mai).

Aquadukte der Wiener Wasserleitung. Mitteil. d. Arch.- u. Ing.-Ver. für Böhmen 1873, S. 123; 1874, S. 94.

Aquadukte der Wasserleitung für Glasgow. Humber, The water supply of cities and towns (London 1876), Pl. 27 u. 28.

Cabin-John-Brücke. Collection de dessins distribués aux élèves de l'école des ponts et chaussées. Paris, Impr. nat. 3[e] Série. Ponts.

Der Aquadukt von Sima (Spanien). Rziha, Eisenbahn-Unter- und Oberbau. Wien 1877, II. Bd., S. 197.

Aquadukte des Verdon-Kanals. Ann. des ponts et chaussées 1881, 2. Sem., S. 61.

The Washington Aqueduct, 1853—1898. The Engineering Record, 29. Juli 1899, S. 190.

Adduction des eaux du Loing et du Lunain. Génie civil 1901, S. 181.

Steinerne Kanalbrücken:

Verschiedene ältere Bauwerke. Hagen, Wasserbaukunst, II. Teil, 3. Bd., S. 686.

Der Schiffahrtskanal der Garonne und der Brückkanal bei Agen über die Garonne. Allg. Bauz. 1845, S. 180.

Restauration du pont-canal de la Tranchasse. Ann. des ponts et chaussées 1849, 2. Sem., S. 1.

Kanalbrücke über den Orb. Nouv. ann. de la constr. 1857, S. 131.

Englische Kanalbrücke. Haskoll, Exampels of bridges and viaducts. London 1867, Taf. 8.

Kanalbrücken des Rhein-Marne-Kanals. Graeff, Construction des canaux et des chemins de fer. (Paris 1861), S. 77 und Allg. Bauz. 1871, S. 144.

Morandière, Construction des ponts et viaducs. (Paris 1874), S. 193, 444 u. a.

Verschiedene französische Kanalbrücken. Malézieux, Cours de navigation intérieure. École des ponts et chaussées 1876/77, Pl. 77 u. ff., ebenso Guillemain, Navigation intérieure. Paris 1885 II. S. 182 u. ff.

Wasserversorgung von Paris. Nouv. ann. de la constr. 1892, S. 89 u. 169.

Nadrai-Kanalbrücke. Le génie civil 1891/92, S. 237 und 1892/93, S. 358.

Abdichtung der Aquadukte der Kaiser Franz Josef-Hochquellenwasserleitung. Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 217.

Biwa-Kanal. Engng. News 1893, S. 340.

Les grands Ponts-Canaux de France. Le génie civil 1893—94, S. 49.

Vergl. auch die Fufsnoten.

§ 4. Holzkonstruktionen. Der Hauptbestandteil der hölzernen Wasserleitungsbrücken ist eine wasserdicht gearbeitete, aus geschnittenem Holze hergestellte Rinne.

[10]) S. u. a. Kovatsch, Aquadukt im Planja-Schuttkegel der Bahn Tarvis-Pontafel. Allg. Bauz. 1880.

Bei kleinen Spannweiten kann dieselbe als Träger ausgebildet werden, bei gröfseren sind zu ihrer Unterstützung besondere Tragkonstruktionen anzuordnen. In Deutschland kommen, soweit bekannt, nur Bauwerke der erstgenannten Art vor, dagegen sind in holzreichen Ländern auch jene gröfseren Bauwerke mit Erfolg ausgeführt.

Die Wasserdichtigkeit der Rinne, welche einen rechteckigen oder nahezu rechteckigen Querschnitt erhält, wird am besten dadurch bewirkt, dafs die sehr sorgfältig zusammengearbeiteten und geteerten Hölzer ohne weiteres scharf aneinandergepreſst werden. Die Einzelheiten der Konstruktion sind dementsprechend anzuordnen. Eine nachträgliche Ausfüllung der Fugen mit Holzeinlagen ist nur als Notbehelf zulässig; einer Kalfaterung derselben steht dagegen nichts im Wege.

Abb. 28 u. 29. *Hölzerne Wasserleitungsbrücken.* $^1/_{100}$ n. Gr.

Abb. 28.

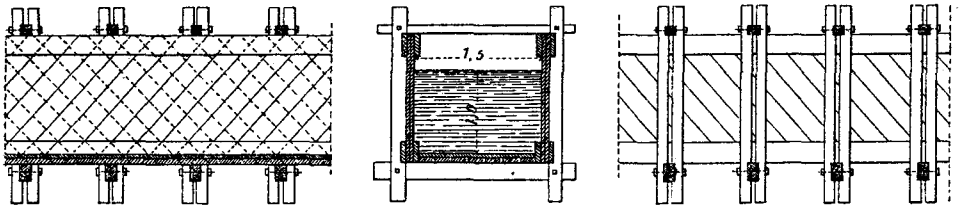
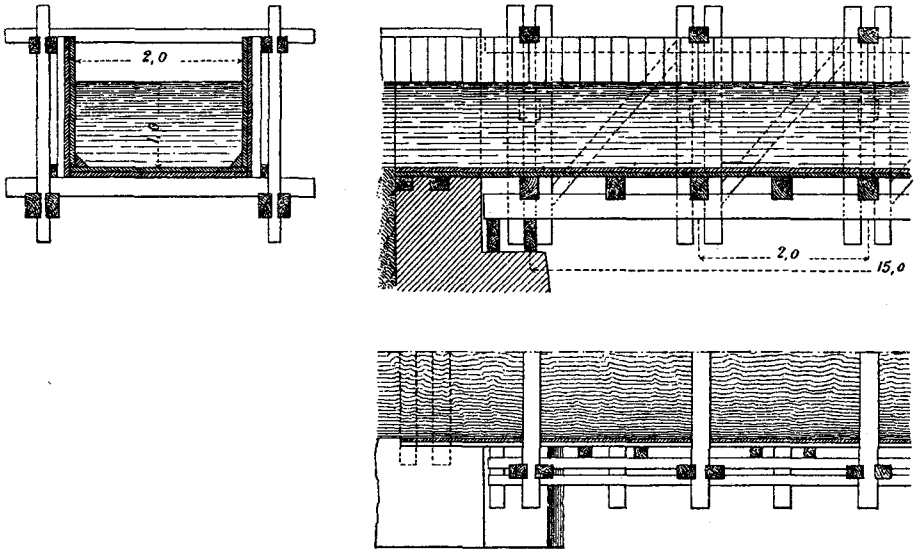
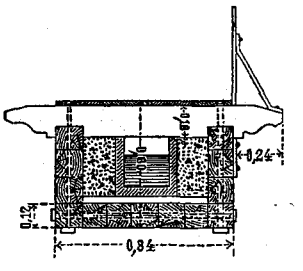


Abb. 29.



Beispiele kleiner hölzerner Wasserleitungsbrücken findet man in Abb. 28 u. 29. Zu bemerken ist nur, dafs die dargestellten Konstruktionen für 12 bezw. für 15 m Spannweite bemessen sind. Der Anschlufs der in Abb. 29 dargestellten steinernen Endpfeiler an den benachbarten, in der Krone 3 m breiten Damm wird durch gekrümmte Flügel (vgl. Taf. VI, Abb. 13[d] bei *M*) vermittelt, deren Enden sich hakenförmig nach aufsen umbiegen; die Flügelansätze sind mit einer Vorlage behufs Abschneidens der Wasseradern versehen.

Abb. 30. M. 1:40.



Die Tragkonstruktionen der gröfseren Bauwerke sind in der Regel Balkenträger, aber auch Bögen und Kabel sind als solche bereits zur Anwendung gekommen. Auf alle Einzelheiten dieser Konstruktionen näher einzugehen, würde zu weit führen.

Ein Beispiel der Anwendung von Balkenträgern gibt Abb. 30. Dieselbe zeigt den Querschnitt einer Brücke, welche in der Gemarkung Neckargemünd eine Wasserleitung über einen Einschnitt der

badischen Odenwaldbahn führt. Die aus Bohlen hergestellte und zum Schutze gegen Frost in Stroh eingebettete Rinne ruht in einem gröfseren, nach Art der Blockwände ausgeführten Kasten, dessen Seitenwände die Träger bilden. Die Träger sind an ihren Enden und aufserdem durch zwei Mitteljoche unterstützt.

Literatur:

Hölzerne Kanalbrücke des Pennsylvania-Kanals über den Alleghany bei Pittsburg. Allg. Bauz. 1843, S. 78 und Zeitschr. f. Bauw. 1862, S. 374.

Aquaduc suspendu du canal de Pensylvanie. Nouv. ann. de la constr. 1865, S. 38.

Aquadukt in der Gemarkung Neckargemünd. Mitteil. über die badische Odenwaldbahn, Karlsruhe.

Aquadukt bei Hafslund in Norwegen. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1870, S. 417.

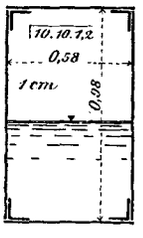
Henket, Waterbouwkunde. XIV. Abteilung (Brücken). III. Teil. 2. Pl. (kleine hölzerne Bauwerke).

Malézieux, Travaux publics des états unis d'Amérique. Paris 1873, S. 345 (Kanalbrücken des Erie-Kanals). Vergl. auch die Fufsnoten.

§ 5. Eisenkonstruktionen. Bei der Herstellung der Wasserleitungs- und Kanalbrücken bietet das Eisen im Vergleich mit dem Stein mancherlei Vorteile, aber auch erhebliche Nachteile. Zu den ersteren sind zu rechnen: die geringere Konstruktionshöhe, welche das Eisen erfordert, die Ausführbarkeit gröfserer Spannweiten und in vielen Fällen eine nicht unbedeutende Ersparnis an Baukosten. Nachteile bestehen dagegen in der kürzeren Dauer der Bauwerke mit eisernem Oberbau, in den gröfseren Unterhaltungskosten derselben und darin, dafs ein wasserdichter Anschlufs zwischen den Eisenkonstruktionen und den benachbarten Strecken noch schwieriger herzustellen ist, als bei massiven Bauwerken.

Bei kleinem Profil und geringer Spannweite wendet man freitragende Konstruktionen von kreisrundem oder rechteckigem Querschnitt an. Bei Verwendung von eisernen Röhren mit Flanschenverbindungen hat man bereits Öffnungen von über 10 m überspannt. Rechteckige Querschnitte gestatten natürlich eine gröfsere Spannweite. So z. B. besitzt die in Abb. 31 im Querschnitt dargestellte Wasserleitungsbrücke eine Lichtweite von 20,40 m bei 23,40 m Gesamtlänge.

Abb. 31. *Freitragende Wasserleitungsbrücke über die Bahn St. Rambert-Grenoble.* 1/40 n. Gr.



Für noch gröfsere Spannweiten wird der Querschnitt entweder verstärkt oder mit einer Tragkonstruktion verbunden. Letzteres kann geschehen durch Aufhängung an Kabeln oder Verbindung mit einer Fachwerkskonstruktion. Bei der Wasserleitung der Stadt Bulle (Schweiz) wurde das Rohr von 8 cm lichtem Durchmesser an 2 Kabeln von je 4 cm Durchmesser aufgehängt und überspannt so 2 Öffnungen von 36,5 bezw. 26,5 m Weite.

Ist das Rohr mit einer Fachwerkskonstruktion verbunden, so wird es selbst als Ober- oder als Untergurt ausgebildet. Bei der Überführung der Wasserleitung von Philadelphia über das Tal von Wissahickon ist das 50 cm weite Rohr zugleich Obergurt des unterstützenden Fischbauchträgers von 50,56 m Spannweite. Bei der Brücke über den Rock-Creek (Wasserleitung von New York) bilden die 1,22 m im Durchmesser haltenden Rohre die unteren, gekrümmten Gurtungen einer Bogenbrücke von 60,96 m Stützweite. Sie sind in einem Abstand von 5,49 m angeordnet und tragen eine 8 m breite Brückenbahn (5,18 m Fahrbahn und 2 Fufssteige von je 1,41 m Breite). Die Pfeilhöhe dieser Bogenbrücke beträgt 9,75 m. Tritt bei derartigen Konstruktionen der Fall ein, dafs der Scheitel des bogenförmig geleiteten Rohres sich über die Linie des natürlichen Gefälles der Wasserleitung erhebt, so sind besondere Vorkehrungen zu treffen, um die im Scheitel sich ansammelnde Luft zu entfernen.

Für gewöhnliche Wasserleitungen ist eine derartige Anordnung bis jetzt nicht ausgeführt; verwandt ist die in Nachstehendem beschriebene. — Es handelte sich darum, in Paris das städtische Schmutzwasser von einer Seite des Kanals St. Martin zur anderen zu leiten. Hierzu dient ein gufseisernes, gebogenes Rohr, welches beiderseits an die städtischen Entwässerungskanäle angeschlossen ist. Dasselbe ist halbkreisförmig mit 18 m Radius gekrümmt, lehnt sich an die Arsenal-Brücke, die den Kanal mit einer Öffnung überspannt, und umgürtet die Gewölbestirnen derselben. Es entstand somit eine heberartige Einrichtung. Zum Ansaugen des Hebers und zur Beseitigung der in seinem Scheitel sich ansammelnden Gase sind daselbst drei von der städtischen Wasserleitung gespeiste Injektoren *(trompes)* eingeführt. Wenn der Heber in Tätigkeit ist, so braucht nur einer derselben in Wirksamkeit zu sein. Der Verbrauch an Leitungswasser beträgt täglich 300 bis 350 cbm.

Auch der Fall, dafs beide Gurtungen als Wasserleitungsrohre ausgebildet sind, kommt vor. In Baltimore besteht eine Brücke (Parabelträger) von 26,10 m lichter Weite, deren beide Gurtungen aus Rohren von 0,75 m lichter Weite bestehen. Gleichzeitig dient die Brücke dem Strafsenverkehr.

Ist die Querschnittsfläche noch gröfser, so legt man das wasserführende Rohr auf oder unter eine besondere Brückenkonstruktion.

So wurde z. B. das 1,80 m im Durchmesser haltende Druckrohr der Turbinenleitung des Elektrizitätswerkes der Jungfraubahn in Lauterbrunnen auf einer Parabelbrücke von 26 m Spannweite über die Lütschine geführt.

Die Brücke über die Seine bei Argenteuil (Abb. 32), welche 2 Seitenöffnungen von je 67 m und eine Mittelöffnung von 70 m Spannweite besitzt, dient zur Ableitung der Pariser Kanalwässer und trägt gleichzeitig eine mit Holz gepflasterte Fahrbahn von 6,50 m Breite und 2 Asphaltfufssteige von je 1,50 m Breite. Zwischen den 5 Bogenträgern befinden sich die 4 eisernen Rohre von je 1,10 m lichtem Durchmesser. Die Gesamtanordnung geht aus der Zeichnung hervor.

Abb. 32. *Brücke über die Seine bei Argenteuil.*[11]) $^1/_{75}$ n. Gr.

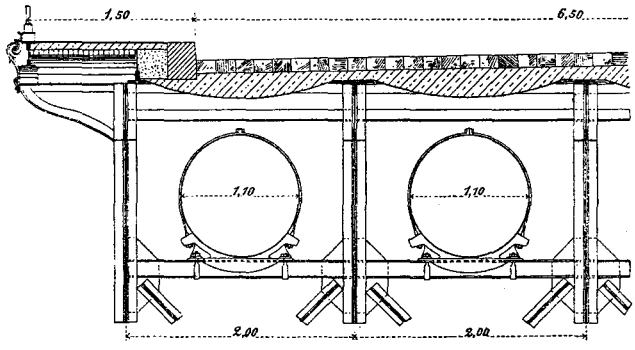
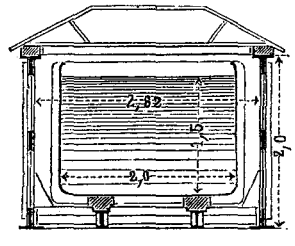


Abb. 33.
Brücke der Vanne-Leitung.
$^1/_{100}$ n. Gr.



Ist das Profil nicht geschlossen, sondern offen, so kann der Wassertrog in der Tragkonstruktion liegen oder er wird selbst als Tragkonstruktion ausgebildet. Ersteres ist in Abb. 33 dargestellt. Diese Brücke der Vanne-Leitung hat 30 m Spannweite; die Träger derselben haben weitmaschiges Gitterwerk mit Pfosten. Obwohl nun eine derartige, getrennte Anordnung in Bezug auf Unterhaltung und Dauer des Bauwerkes besser zu sein scheint, so ist die zweite Anordnung doch häufiger und bei Kanalbrücken

[11]) Ann. des ponts et chaussées 1897, Pl. 15.

fast ausnahmslos durchgeführt. Die in Abb. 34 dargestellte Wasserleitungsbrücke von 14 m Stützweite und 3,05 m Breite ist infolge dieser Anordnung sehr einfach konstruiert. Die Blechwand der Hauptträger ist durch aufsen aufgelegte Winkeleisen nebst Stehblech versteift. Zwischen die Träger sind in einem Abstand von 1,20 m unten 13 cm hohe Querträger (I-förmige Walzbalken) gelegt. Auf diesen sind die gufseisernen, mit Versteifungsrippen versehenen Bodenplatten mittels Schrauben befestigt. Die Fugen sind durch eine besondere Dichtung gesichert.

Abb. 34. *West Burn-Brücke der Greenock and Gourock Railway (Glasgow).*[12]) 1/50 n. Gr.

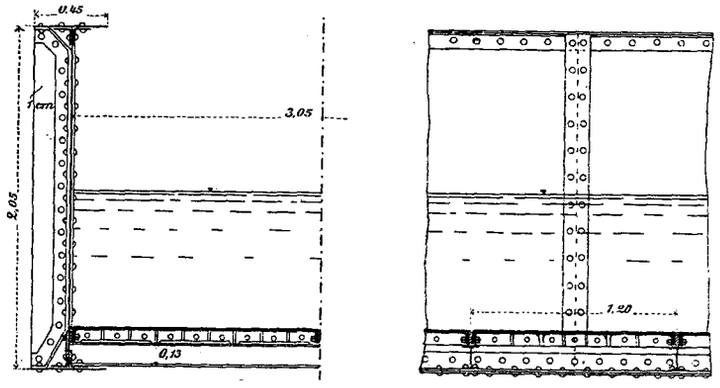
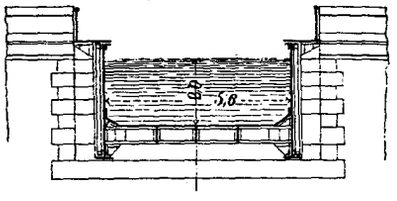


Abb. 35. *Kanalbrücke neben der hydraulischen Schleuse von Fontinettes.* 1/250 n. Gr.



Eine ähnliche Konstruktion zeigt Abb. 35: Querschnitt einer Kanalbrücke von 20,8 m Stützweite, welche im Anschlufs an die hydraulische Schleuse von Fontinettes ausgeführt ist. Bei diesem Bauwerke ist durch eine verhältnismäfsig bedeutende Höhe der Hauptträger (etwa 3,5 m) die Anbringung von Versteifungen unterhalb der Querträger ermöglicht, so dafs der seitwärts gerichtete Wasserdruck teilweise aufgehoben wird. Die den Boden bildenden Blechplatten sind auf die Quer- und Längsträger aufgenietet. Die Ecken zwischen Boden und Seitenwand sind ausgeschrägt.

In „The Engineering Record“ 9. Juli 1898, S. 115, ist eine „Steel Aqueduct Bridge“ beschrieben von 96 Fufs Länge, 53 Fufs Breite und 9¾ Fufs gröfster Höhe. Die Konstruktion ruht auf 3 Mittelpfeilern und ist als kontinuierlicher Träger ausgebildet. Der Boden besteht aus Längsträgern mit dazwischengenieteten Buckelplatten. Da die Wölbung der Buckelplatten nach oben gerichtet ist, wurde der Boden durch Asphaltmasse ausgeglichen.

Abb. 36 (S. 121) zeigt die Kanalbrücke des Saar-Kohlen-Kanals bei Saaralb. Eine Mittelöffnung von 17 m, zwei Seitenöffnungen von je 12,5 m. Das Bauwerk ist für 5 m breite Schiffe bemessen. Die Hauptträger haben 6,80 m Abstand und 2,99 m Höhe. Die Querträger von 44 cm Höhe sind in einem Abstand von 1,385 m angeordnet und durch einen gröfseren und zwei kleinere Längsträger miteinander verbunden. Letztere haben hauptsächlich den Zweck, die Blechwand des Bodens auszusteifen. Die Ecken zwischen Boden und Seitenwand sind ausgerundet (vergl. auch Abb. 39, S. 123).

In Abb. 37 (S. 122) ist ein Teil des Querschnittes der Kanalbrücke bei Briare dargestellt. Die Brücke besitzt 15 Öffnungen von je 40 m Stützweite. Der eiserne Oberbau geht über sämtliche Öffnungen durch. Er ist auf einem der mittelsten Pfeiler fest und auf allen anderen beweglich aufgelagert. Die Brücke ist für 5 m breite Schiffe bemessen. Die Hauptträger besitzen 7,25 m Abstand und 3,40 m Höhe. Die

[12]) Engng. 1889, S. 241.

Abb. 36 *a—c.* *Kanalbrücke des Saar-Kohlen-Kanals bei Saaralb.*

Abb. 36 *a*. 1/200 n. Gr.

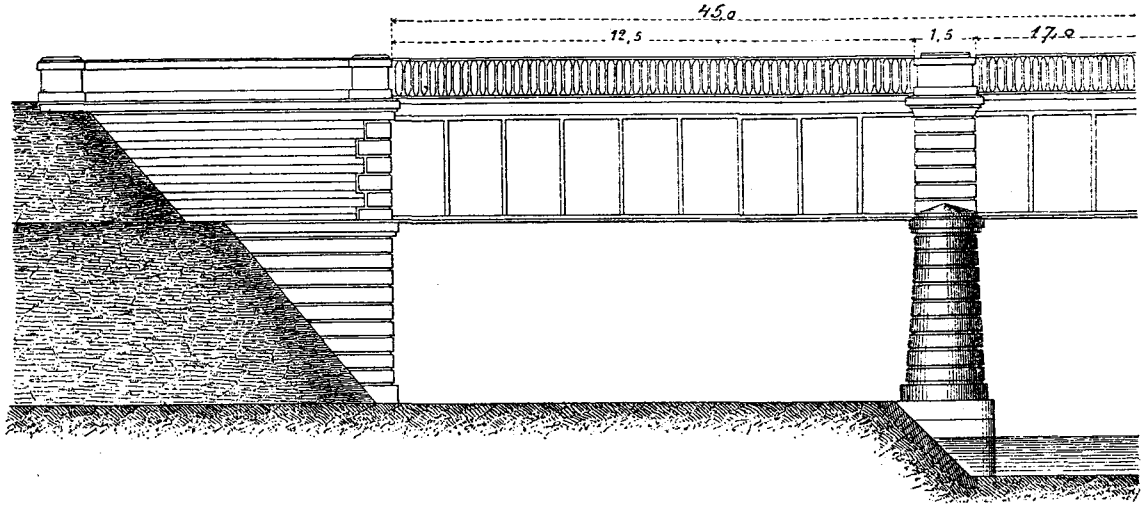


Abb. 36 *b*. 1/100 n. Gr. (Schiffbreite 5 m.)

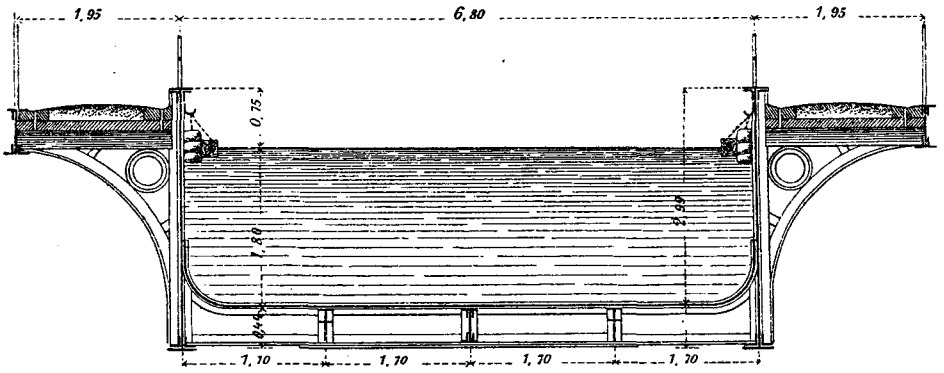
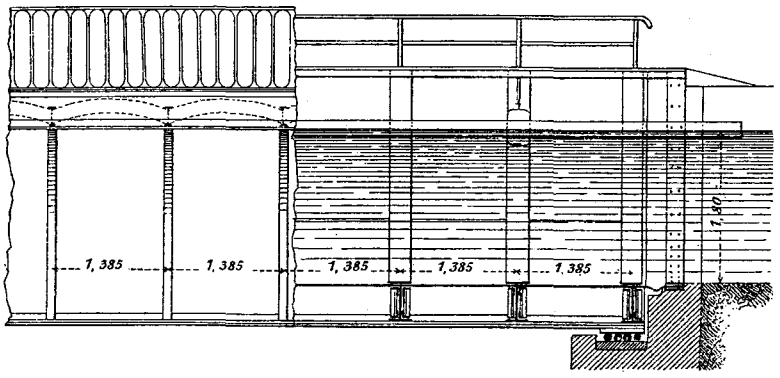


Abb. 36 *c*. 1/100 n. Gr.

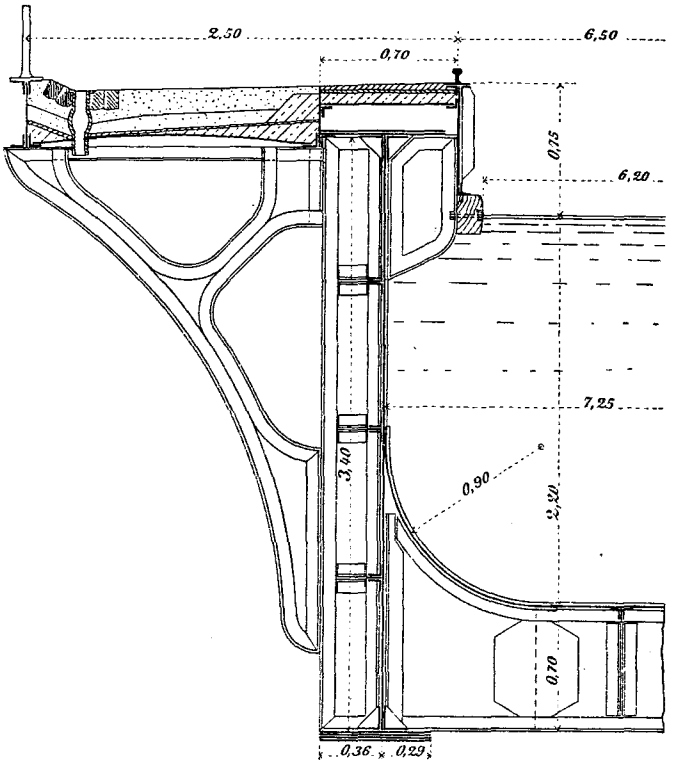


0,70 m hohen Querträger liegen 1,475 m voneinander entfernt und sind in der Mitte durch einen Längsträger miteinander verbunden. Der Boden ist durch aufgenietete Winkel versteift. Die Ecken zwischen Boden und Seitenwand sind nach 0,90 m Radius ausgerundet (vergl. auch Abb. 47, S. 125).

Erwähnt sei hier, dafs in früherer Zeit auch das Gufseisen zum Bau von Kanalbrücken Verwendung fand; das älteste derartige Bauwerk, welches Hagen erwähnt, ist im Jahre 1796 erbaut. Gewöhnlich wurden rechteckige Querschnitte von solcher Breite gewählt, dafs der Leinpfad und der Fufspfad zwischen den Seitenwänden Platz fanden, wie Abb. 38 zeigt. Diese Figur ist der halbe Querschnitt der Kanalbrücke von Bar-

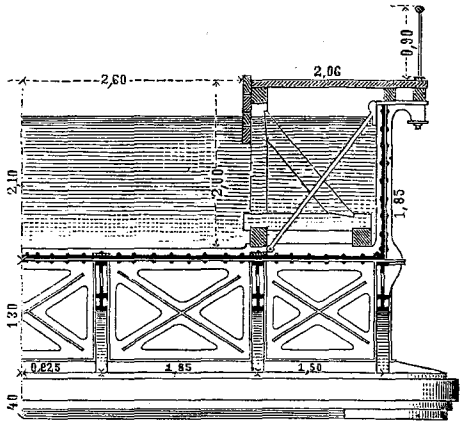
berey im Kanal der oberen Seine, ausgeführt 1843. Das aus Platten zusammengesetzte Kanalbett ruht auf sechs gufseisernen, kräftig versteiften Bogenträgern. Die Weite der Öffnungen beträgt 8,4 m.

Abb. 37. *Kanalbrücke bei Briare.*[13]) 1/50 n. Gr.



Die gufseisernen Kanalbrücken haben heutzutage nur noch geschichtlichen Wert, wegen ihrer Einzelheiten ist namentlich Hagens Wasserbaukunst, II. Teil, 3. Bd., zu vergleichen.

Abb. 38.
Kanalbrücke von Barberey (Seine-Kanal).
M. 1 : 100.



Die Leinpfade der eisernen Kanalbrücken sind meist ausgekragt (Abb. 35 u. 36). Bei älteren Bauwerken (Abb. 38) findet man jedoch auch vollständig eingekragte Leinpfade. Diese Anordnung des Leinpfades bringt zwar eine Vermehrung der Wasserlast und infolgedessen eine Steigerung der Baukosten mit sich, dieselbe ist aber für den Betrieb sehr vorteilhaft, weil die Schiffswiderstände schon bei einer mäfsigen Vergröfserung der Wasserquerschnittsfläche erheblich geringer werden.

Aus diesem Grunde hat man bei der Kanalbrücke bei Briare (Abb. 37) die Leinpfade etwas eingekragt, um das Querprofil der 600 m langen Brücke zu vergröfsern. Bei diesen Anordnungen ruhen die Leinpfade auf Auslegern; bei andern Konstruktionen hat man den Leinpfad durch einen besonderen, an der Aufsenkante des Leinpfades befindlichen Träger unterstützt.[14])

1. **Dichtung.** Da die genieteten Eisenkonstruktionen an sich schon dicht sind, ist eine besondere Dichtung nur dort nötig, wo die Verbindung auf eine andere Art hergestellt wird. Man wird also bei verschraubten Konstruktionen eine Dichtungsmasse einbringen.

Der Schutz der Wandungen kann sich bei den Eisenkonstruktionen auf die Anbringung eines Streichbalkens beschränken. Die Befestigung desselben geht aus Abb. 36, 37 u. 49 (S. 127) hervor.

2. **Anschlufs an das Mauerwerk.** Während der Anschlufs des fest aufgelagerten Endes sich leicht bewerkstelligen läfst, ist der Anschlufs des beweglich aufgelagerten Endes einer der schwierigsten Punkte der ganzen Konstruktion.

---

[13]) Ann. des ponts et chaussées 1898, Pl. 16.

[14]) Neue Kanalbrücke über die Saar. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, S. 503.

Die Gröfse der Bewegung läfst sich aus der Länge des Bauwerks leicht berechnen. Die Ausdehnung des Eisens beträgt für 1 lfd. **m** und für 1° Temperaturerhöhung rund 0,000012 **m**; die Temperaturschwankungen belaufen sich in unserem Klima auf rund 65° Celsius (von — 27° im Winter 1879 bis + 38° im Sommer 1892). Obgleich nun ein mit Wasser gefülltes eisernes Bauwerk so grofsen Temperaturunterschieden nicht folgen wird, so ist es doch möglich, dafs dasselbe zwecks Reparatur leer steht und dafs dann einer der angegebenen extremen Fälle eintritt. Man hat demnach für das lfd. **m** Bauwerk auf eine Längenänderung von 0,00078 **m** zu rechnen. Dies ergibt z. B. für ein 20 **m** langes Bauwerk eine Verschieblichkeit von 16 **mm** oder einen Weg von 8 **mm** nach jeder Richtung, wenn das Bauwerk bei einer mittleren Temperatur aufgestellt wurde.

Bei der Kanalbrücke bei Briare, welche nur auf einem der mittelsten Pfeiler fest aufgelagert ist und nach der einen Seite über 8, nach der andern über 7 Öffnungen von je 40 **m** Stützweite ununterbrochen fortgeht, betragen die Längenänderungen an dem einen Ende 25 **cm**, am anderen Ende 22 **cm**.

Es ist sehr schwierig, den beiden Bedingungen, Wasserdichtheit und Beweglichkeit, bei derartigen Bauten gleichzeitig Genüge zu leisten, und eine allseit befriedigende Lösung scheint noch nicht gefunden zu sein. Man hat versucht:

1. Zwischenstücke einzuschalten, welche die Bewegung nicht behindern,
2. stopfbüchsenartige Dichtungen anzuwenden,
3. beide Anordnungen zu vereinigen.

Zu 1. Zwischenstücke, welche die Bewegung nicht behindern. Diese können bestehen aus gewelltem Blech oder neuestens aus Kautschuk. Für ersteres diene Abb. 39 u. 40 als Beispiel. Abb. 39 stellt die Anschlufsstelle der Kanalbrücke des Saar-Kohlen-Kanals bei Saaralb dar und Abb. 40 gibt ein Bild der Dilatations (Ausdehnungs-)vorrichtung der Druckleitung von Lauvière. Zu beachten ist, dafs der Durchmesser des Rohres 2,32 m und derjenige des Dilatationsringes sogar 4,40 **m** beträgt.

Abb. 39. *Kanalbrücke des Saar-Kohlen-Kanals bei Saaralb.* $^1/_{20}$ n. Gr.

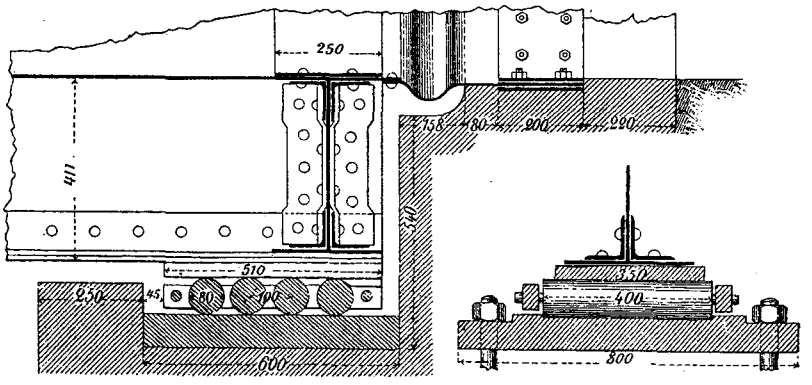
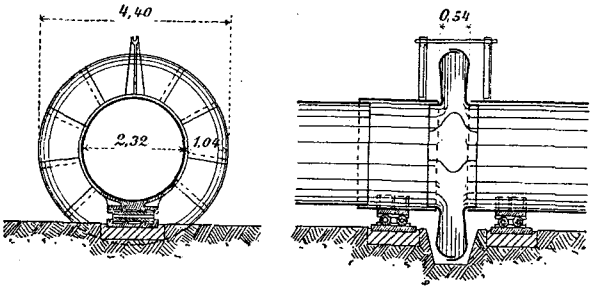


Abb. 40. *Druckleitung von Lauvière.* $^1/_{100}$ n. Gr.



Kautschuk kam erstmalig im Jahre 1887 bei der Kanalbrücke über die Aisne im Oise-Aisne-Kanal zur Anwendung (Abb. 41). Die Länge des eisernen Bauwerks beträgt 63 **m**; die Hauptträger haben 6,50 **m** Abstand und 2,98 **m** Höhe, die Wassertiefe beträgt 2,42 **m**. Die Ecken zwischen Boden und Seitenwand sind nach 60 **cm** Radius ausgerundet.

Da der Trog an beiden Enden mit Kautschukbändern versehen wurde, hielt man eine freie Länge des Kautschukbandes von 5 cm für ausreichend, um den Längenänderungen des Trogs ohne übermäfsige Beanspruchung folgen zu können. Das Kautschukband ist 35 cm breit und 1 cm stark. Es wurde mittels ⊏-Eisen an dem Trog und dem mit Eisen armierten Mauerwerk des Widerlagers befestigt. Zum Schutze des Kautschukbandes gegen Beschädigungen durch die Stangen der Schiffer wird dasselbe durch eine ⊓-förmig gebogene Eisenplatte überdeckt. Die Kosten eines Kautschukbandes betrugen rd. 250 Fr. Es kann 8 bis 10 Jahre ohne Ausbesserung betriebsfähig bleiben.

Abb. 41. *Kanalbrücke über die Aisne.*[15]) 1/10 n. Gr.

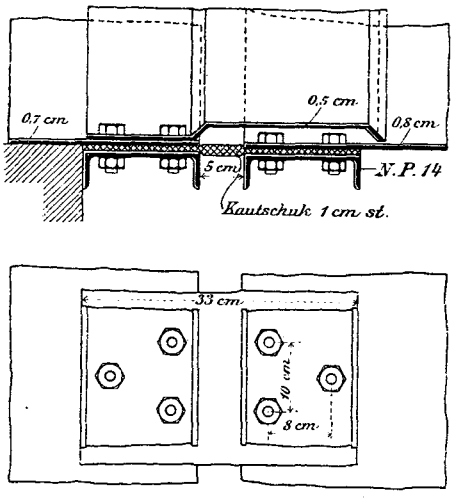


Abb. 42 u. 43. *Dichtung und Auflagerung der wasserführenden Rohre der Brücke über die Seine bei Argenteuil.*[16])

Abb. 42. 1/10 n. Gr.

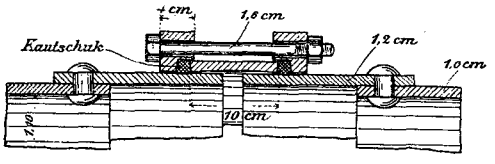
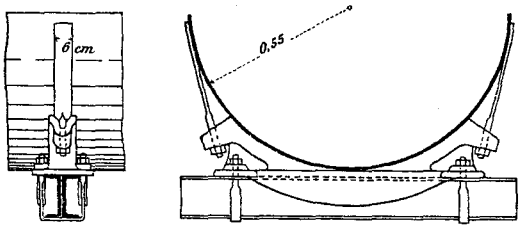


Abb. 43. 1/30 n. Gr.



Zu 2. Stopfbüchsenartige Dichtungen. Diese sind in verschiedenen Formen ausgeführt worden. Bei geschlossenem Querschnitt, wie er bei der Brücke bei Argenteuil (Abb. 32, S. 119) in Anwendung kam, sind über die stumpf aneinanderstofsenden Rohre zwei Ringe gelegt (Abb. 42), welche mittels Kautschukfutters einen breiteren Ring zwischen sich nehmen. Durch 22 gleichmäfsig über den Umfang verteilte Schrauben wird der Kautschuk an die Rohrwand gepreſst und eine gute Dichtung erzielt. Die einzelnen, aus Blechtafeln von 1 cm Stärke zusammengenieteten Rohre sind 6 m lang und, wie Abb. 43 zeigt, auf gufseisernen Stühlen beweglich aufgelagert.

Eine sehr einfache Dichtung bei rechteckigem, oben offenem Querschnitt besitzt die in Abb. 44 dargestellte West Burn-Brücke bei der Greenock and Gourock Railway (Glasgow). Das beweglich aufgelagerte Ende des 14 m weit gespannten Bauwerks ist mit einer durch Holz gedichteten Gleitvorrichtung, deren Konstruktion Abb. 44 zeigt, ausgestattet. Das eine Teakholz ist in Zement im Mauerwerk gebettet; das andere ist durch Schrauben mit dem ⊏-Eisen der Brücke verbunden und wird durch eine Eisenplatte auf das eingemauerte Holz gepreſst. Die Konstruktion soll vorzüglich wasserdicht sein.

Eine derartig einfache Holzdichtung genügt bei Kanalbrücken meistens nicht; man nimmt dort noch ein besseres Dichtungsmittel, geteertes Werg oder geteerte Wolle zu Hilfe. Die in dieser Weise nach Abb. 45 ausgeführte Dichtung der Kanalbrücke

[15]) Nouv. ann. de la constr. 1897, Pl. 45 u. 46.

[16]) Ann. des ponts et chaussées 1897, Pl. 15.

Abb. 44.
Gleitvorrichtung der West Burn-Brücke (Greenock and Gourock Railway).[17]) 1/20 n. Gr.

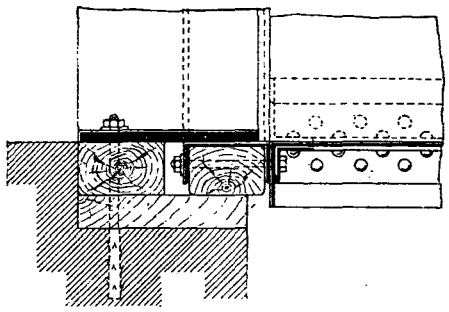
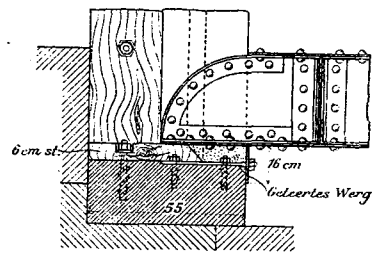


Abb. 45.
Dichtung der Kanalbrücke über die Oise.[18]) 1/30 n. Gr.



über die Oise scheint sich jedoch nicht bewährt zu haben. Der Grund dürfte daran liegen, dafs man die Dichtung nicht nachziehen konnte. Dieser Mifsstand ist bei der neuen eisernen Kanalbrücke des Rhein-Marne-Kanals über die Saar bei Hessen in der Nähe von Saarburg vermieden. Hier kann die geteerte Wolle durch das bewegliche Keilstück fester angepreſst und somit eine bessere Dichtung erzielt werden (Abb. 46).

Abb. 46. *Dichtung der Kanalbrücke über die Saar (Rhein-Marne-Kanal).*[19]) 1/30 n. Gr.

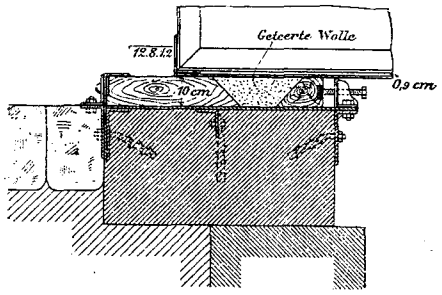
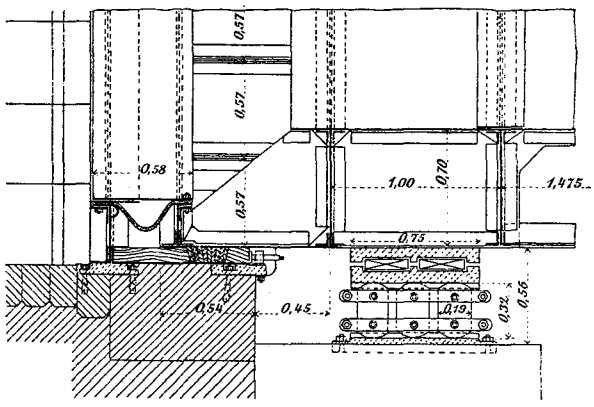


Abb. 47.
Dichtung der Kanalbrücke bei Briare.[20]) 1/50 n. Gr.



Zu 3. Vereinigung der beiden Dichtungsarten. Die Verwendung eines, die Bewegung gestattenden Zwischenstücks in Verbindung mit einer stopfbüchsenartigen Dichtung zeigt die Kanalbrücke bei Briare (Abb. 47). Die Längenänderungen dieser Brücke sind sehr grofs, da der auf einem Mittelpfeiler festgelagerte Trog nach der einen Seite über 8, nach der anderen über 7 Öffnungen von je 40 m Stützweite kontinuierlich durchgeht (vergl. S. 120). Der Weg des Trogendes berechnet sich zu 25 bezw. 22 cm. Die Dichtung ist folgendermafsen ausgeführt. Das Trogende bewegt sich in einer Dichtungskammer, deren unterer Teil aus der stopfbüchsenartigen Dichtung besteht, während die obere Begrenzung aus zwei aufeinander gleitenden Eisenplatten gebildet wird. Zwischen beiden befindet sich das Kautschukband, das jedoch nicht straff angespannt ist, sondern sackartig in die Dichtungskammer hineinhängt. Die Eisenplatten dienen mehr zum Schutz des Kautschukbandes, als zur Dichtung. Das geteerte Werg der unteren Dichtung kann durch die Schrauben fester angepreſst werden.

---

[17]) Engng. 1889, S. 241.

[18]) Nouv. ann. de la constr. 1897, Pl. 45 u. 46.

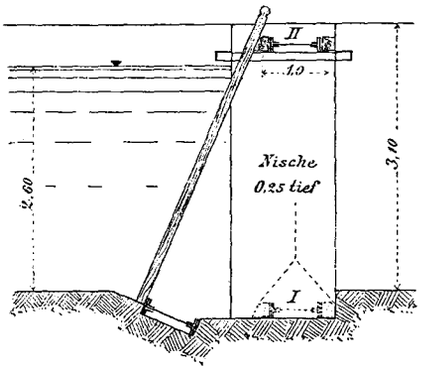
[19]) Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, S. 502 u. Taf. XXVII.

[20]) Ann. des ponts et chaussées 1898, Pl. 16.

Leerlauf. Jede Wasserleitungs- oder Kanalbrücke mufs behufs Vornahme von Ausbesserungsarbeiten gegen die anschliefsenden Strecken abgesperrt und entleert werden können. Die Absperrung kann durch Schützenwehre, Dammbalkenwehre, Nadelwehre oder Stemmtore geschehen. Schützenwehre kommen natürlich nur für kleine Anlagen in Betracht. Für die Anlage eines Dammbalkenwehres genügt es, die Dammbalkenfalze vorzusehen und die Balken bereit zu halten.

Die Anlage eines Nadelwehrs zeigt Abb. 48. Die Nadeln stützen sich mit ihren Fufspunkten auf einen in der Kanalsohle fest gelagerten Träger, während die obere Unterstützung durch einen Träger gebildet wird, der sich gewöhnlich an der Sohle des Kanals befindet (Lage I) und nur, wenn die Nadeln eingesetzt werden sollen, hochgezogen wird (Lage II). Um die Nadeln richtig einsetzen zu können, werden zuerst die Ablafsschieber geöffnet, damit das Wasser etwas Strömung erhält.

Abb. 48. *Nadelwehr bei der Kanalbrücke über die Saar (Rhein-Marne-Kanal).*[21]) 1/100 n. Gr.



Über Stemmtore, die auch zu diesem Zweck sehr viel Anwendung finden, ist nichts besonderes zu berichten.

Bau- und Unterhaltungskosten. Die in Abb. 31 (S. 115) dargestellte Wasserleitungsbrücke hat 0,80 M. f. d. **kg** Eisen gekostet. Das Gewicht betrug 323 **kg** f. d. lfd. **m.**

Die Kosten der Kanalbrücke des Rhein-Marne-Kanals über die Saar beliefen sich bei 254 t Eisen auf 70000 M.; mithin 275 M. f. d. t.

Für die Kanalbrücke bei Briare (Abb. 37, S. 122) wurden rd. 2990 t Eisen angeliefert zum Preise von rd. 1177000 Fr.; mithin rd. 400 Fr. (320 M.) f. d. t.

Der Überbau der Kanalbrücke bei Saaralb (Abb. 36, S. 121) hat einschliefslich des Leinpfades 76200 M. gekostet. Das (veranschlagte) Gewicht des Eisenwerkes beläuft sich auf 2678 **kg** f. d. lfd. m. — Die Unterhaltungskosten dieses Bauwerkes sind mitunter recht bedeutend gewesen. In den Jahren 1876, 1877, 1878, 1879 wurden für die gesamte Unterhaltung bezw. 3640, 600, 2500, 4260 M. verausgabt. Hierin sind jedoch namhafte Ergänzungsarbeiten, sowie die Unterhaltung des Mauerwerks, welche jährlich und durchschnittlich etwa 250 M. gekostet hat, einbegriffen, auch haben strenge Winter eine ungewöhnliche Unterhaltungslast zur Folge gehabt.

Drehbare Kanalbrücke bei Barton. Die Kanalbrücke des Bridgewater-Kanals über den Manchester-Seekanal ist die erste Ausführung einer beweglichen Kanalbrücke. Früher stand hier ein festes Bauwerk, welches den Bridgewater-Kanal über den Irwell-Flufs überführte. Als jedoch der Manchester-Seekanal, der an dieser Stelle den Lauf des Irwell-Flusses einnimmt, gebaut wurde (eröffnet am 1. Jan. 1894) blieb kein anderer Ausweg, als den Bridgewater-Kanal beweglich zu überführen. Als merkwürdiger Zufall sei erwähnt, dafs die alte, gewölbte Kanalbrücke als erste Kanalbrücke in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts erbaut wurde. Es steht mithin die erste bewegliche Kanalbrücke an derselben Stelle, an welcher die erste feste Kanalbrücke stand. Der Erbauer der alten Brücke war James Brindley, ein Stellmacher seines Zeichens, der sich durch diesen Bau einen grofsen Ruf gründete und nachher noch lange im Kanalbau tätig war.

Die neue Brücke ist als gleicharmige Drehbrücke ausgebildet und wiegt einschliefslich der Wasserlast 1600 t. Die Hauptträger sind Halbparabelträger einfachen

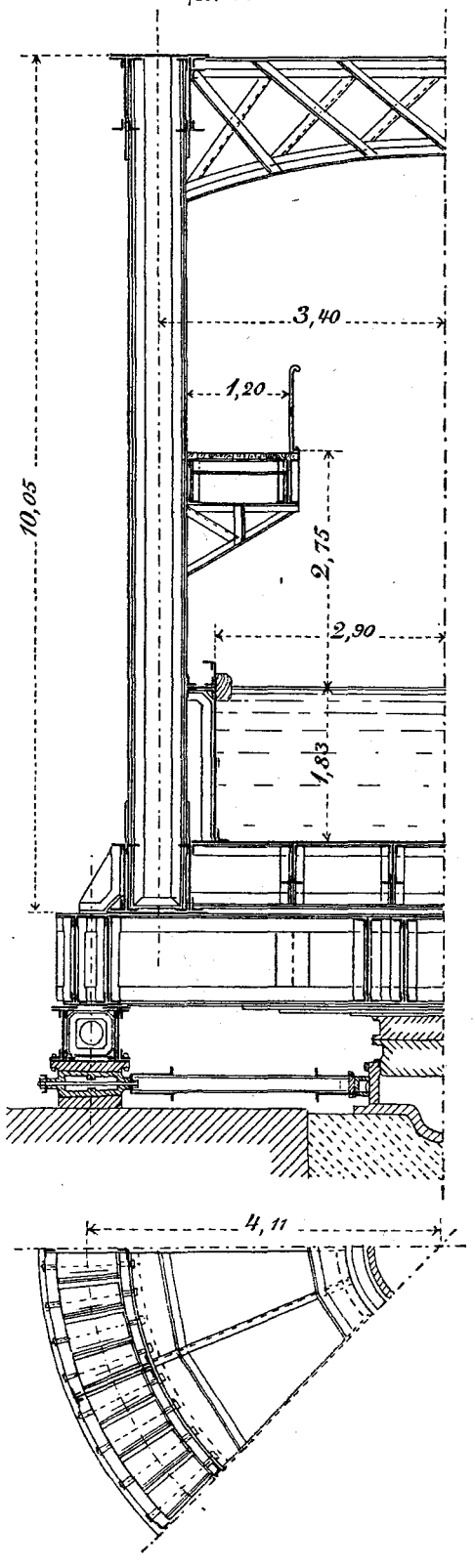
[21]) Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897, S. 502 u. Taf. XXVII.

Systems mit nach der Mitte steigenden Diagonalen. Der Querschnitt des Ober- und Untergurtes (Abb. 49) ist kastenförmig; die Diagonalen und Pfosten haben I-förmigen Querschnitt. Die Mittenhöhe beträgt 10,05 m, die Endhöhe 8,77 m, die Gesamtlänge 71,67 m, aus 11 Feldern bestehend. Die Windkräfte werden durch einen in der Obergurtebene liegenden Windverband und durch die beiden Portale in die Auflager übergeführt. Die Brücke ruht auf einem, unter dem Mittelfeld befindlichen Rollenkranz von 64 konischen Rollen und einem Führungszapfen von 1,40 m Durchmesser. Dieser trägt jedoch aufserdem die Hälfte der Brücke; denn dadurch, dafs man Druckwasser unter den Führungszapfen treten läfst, vermag derselbe ein Gewicht von 800 t aufzunehmen. Der mittlere Halbmesser des Rollenkranzes beträgt 4,11 m.

Abb. 49.

Drehbare Kanalbrücke bei Barton.[22])

1/100 n. Gr.



Der für Pferde begehbare Leinpfad ist im Innern der Brücke in einer Höhe von 2,75 m über dem Wasserspiegel angeordnet und wird durch Freiträger von den Pfosten aus getragen.

Der Wassertrog besitzt eine lichte Weite von 5,80 m und eine Höhe von 2,13 m. Die Wassertiefe beträgt 1,83 m, so dafs der Wasserspiegel 30 cm unter dem Trogrande liegt. Der Trog ruht auf den als Blechträger ausgebildeten Längs- und Querträgern. Seine Blechstärke beträgt 1 cm. Die Stöfse der Seitenwände sind durch Laschen überdeckt und durch aufsen aufgenietete Winkeleisen ausgesteift. Die Bleche des Bodens überdecken sich unmittelbar.

Zum Schutz der Wandungen ist in der Höhe des Wasserspiegels auf der Innenseite ein hölzerner Streichbalken angeordnet, während sich aufsen zwischen dem Trog und dem Hauptträger ein I-förmiger Versteifungsträger befindet, welcher die Trogwand aussteifen und die auf den Streichbalken entfallenden Stöfse auf die Pfosten der Hauptträger überführen soll.

Wegen des Wassermangels im Bridgewater-Kanal konnte die Brücke nicht vor jedem Ausschwenken entleert werden, sondern es mufsten Vorkehrungen getroffen werden, um den Wasserverlust möglichst zu beschränken. Es wurden deshalb an den Kanal- und an den Trogenden einflügelige, mit Holzdichtung versehene eiserne Tore angebracht, welche das Wasser im Kanal und Trog zurück-

[22]) Deutsche Bauz. 1894, S. 406.

halten. Zwischen den Brückenenden und dem anschliefsenden Kanalmauerwerk sind keilförmige Zwischenstücke (Abb. 50) angeordnet, welche das Kanalprofil vollständig umschliefsen. Diese sollen den zum Ausschwenken der Brücke nötigen Spielraum zwischen Brücke und Widerlager ausfüllen und einen wasserdichten Anschlufs herstellen; sie sind deshalb an den Seiten mit Gummieinlagen versehen. Einen Querschnitt durch die Seitenwand dieses Zwischenstücks zeigt Abb. 51, einen solchen durch den Boden Abb. 52.

Abb. 50. *Drehbare Kanalbrücke bei Barton. Dichtungsstück.*[23])

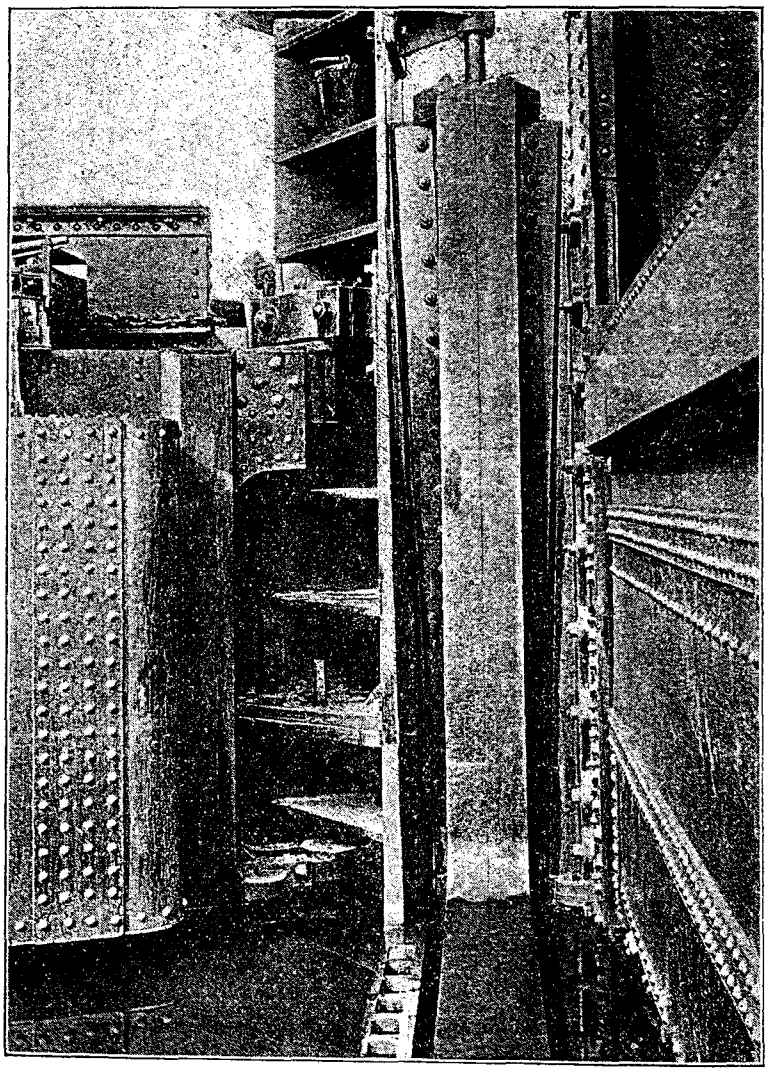


Abb. 51 u. 52.
Schnitte durch die Seitenwand und durch die Bodenwand des Dichtungsstückes.[24]) 1/30 n. Gr.

Abb. 51.

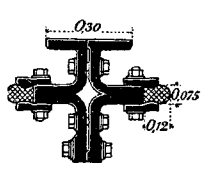
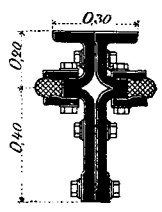


Abb. 52.



Das Gewicht eines solchen Zwischenstücks beträgt 12 t. Es wird hydraulisch gehoben und gesenkt. Zwei Prefswasserzylinder befinden sich oben, zwei unten.

In Abb. 50 sieht man links das geöffnete Tor des Kanalendes, rechts das geschlossene Tor der Brücke. In der Mitte befindet sich das Zwischenstück, dessen keilförmige Gestalt sehr gut erkennbar ist.

Soll die Brücke geöffnet werden, so werden die Tore geschlossen und das zwischen den Toren über dem Zwischenstück befindliche Wasser durch eine kleine Leitung ausgelassen. Hierauf wird das Zwischenstück gehoben, die Verriegelung geöffnet und die Brücke gedreht.

Literatur. Gufseiserne Aquaduktbrücken:

Humber, The water supply of cities and towns 1870, Pl. 29 u. 35.

Der Wissahickon-Aquadukt. Ann. des ponts et chaussées 1872, 2. Sem., S. 176; auch Engng. 1871, Mai, S. 348.

Gufseiserne Kanalbrücken:

Hagen, Wasserbaukunst. 2. Teil, 3. Bd. Taf. LXXVII.

Brücke über den Flufs Calder. Allg. Bauz. 1858, Bl. 212.

Malézieux, Cours de navigation intérieure (École des ponts et chaussées 1875/76). Pl. 79.

[23]) Faksimile-Reprod. nach Engng. 26. Jan. 1894, Pl. II.

[24]) Deutsche Bauz. 1894, S. 406.

Wasserleitungsbrücken von Walzeisen:

Aquadukt über einen Eisenbahneinschnitt. Nouv. ann. de la constr. 1857, S. 124.

Humber, a. a. O.

Alb-Aquadukt bei Knielingen. Karlsruhe. Sammlung ausgeführter Ingenieur-Konstruktionen.

Aquadukt der Wasserleitung der Vanne. Rziha, Eisenbahn-Unter- und Oberbau (Wien 1877, S. 333).

Aquadukt in einer Abzweigung des Verdon-Kanals. Ann. des ponts et chaussées 1881, 2. Sem., S. 67.

Wasserleitung der Stadt Bulle. Schweiz. Bauz. 1888, S. 69.

Wasserleitungsbrücke in Baltimore. Le génie civil 1891, S. 51.

Kanalbrücken von Walzeisen:

Kanalbrücke des Saar-Kohlen-Kanals über die Alb. Wochenblatt für Arch. u. Ing. 1880, S. 464; auch Malézieux a. a. O. Pl. 81.

Kanalbrücke bei Hoverud. v. Weber, Wasserstrafsen Nord-Europas (Leipzig 1881), S. 379.

Kanalbrücke bei der hydraulischen Schleuse von Fontinettes. Guillemain, Rivières et canaux. Paris 1885. II. S. 546.

Kanalbrücke von Briare. Le génie civil 1892/93, S. 165 u. 1898/99, S. 289. Aqueduc et Parc agricole d'Achères. Ann. des ponts et chaussées 1897.

Drehbare Kanalbrücke bei Barton. Engng. 1894, S. 122 und Deutsche Bauz. 1894, S. 406.

Vergl. auch die Fufsnoten.

Bogenförmige Überleitungen:

Ann. des ponts et chaussées 1850, 2. Sem., S. 442. (Stichbogenbrücke von 30 m Spannweite zur Unterstützung eines Druckrohrs.)

Ann. des ponts et chaussées 1863, 2 Sem., S. 176 (Überleitung über den Rock-Creek).

Engineer 1871, Mai, S. 322 (Überleitung für Gasröhren).

Ann. des ponts et chaussées 1880, 2. Sem., S. 72, auch Nouv. ann. de la constr. 1880, S. 119 (Überleitung über den Kanal St. Martin).

Talleitungen (Siphons), deren mittlere Teile auf Brücken gelagert sind:

Ann. des ponts et chaussées 1863, 2. Sem., S. 143 (Harlem-Brücke).

Humber, The water supply of cities and towns (London 1870), Bl. 35.

Gewöhnliche Druckleitungen in Verbindung mit Brücken:

Revue de l'architecture 1865, Pl. 35.

Belle-Alliance-Brücke in Berlin. Deutsche Bauz. 1876, S. 451.

Salbach, Das Dresdener Wasserwerk. Bl. XVII.

Picard, Alimentation du canal de la Marne au Rhin. (Paris 1880), S. 150.

Steg mit Rohrleitung. Zeitschr. f. Baukunde 1884, S. 435 (Klett, Wasserversorgung der Stadt Cannstatt).

Vergl. auch die Fufsnoten.

§ 6. Betoneisenkonstruktionen. Auch die Betoneisenkonstruktionen haben bei dem Bau von Aquadukten Verwendung gefunden.

Für die Wasserkraftmaschinen der bei dem Bau des Simplon-Tunnels benutzten Kraftanlage ist auf der Nordseite des Tunnels eine Leitung von 3200 **m** Länge ausgeführt worden, die zum gröfsten Teile aus einem gedeckten Kanale und nur auf 223 **m** Länge aus einem gemauerten Stollen besteht. Der gedeckte Kanal ist nach der Bauart Hennebique in Zement-Eisenkonstruktion hergestellt (Abb. 53 u. 54). Sein Querschnitt ist quadratisch mit 1,9 **m** Seitenlänge im Lichten. Die Wände bestehen aus einem Gerippe von Stahlstäben von 5 bis 16 **mm** Durchmesser, die senkrecht, wagerecht und schräg angeordnet sind. Dieses Gerippe ist in Beton eingebettet, der an den Seitenwänden 100 **mm**, am Boden 120 bis 150 **mm** und an der Decke 100 bis 130 **mm** dick ist.

Der Kanal wird alle 5 **m** durch Mauerklötze oder durch Betonpfeiler mit Eiseneinlage gestützt. Nur dort, wo er die Furkastrafse überschreitet, stehen die Stützen 10 **m** voneinander, und die Kanalwände sind dementsprechend dicker gemacht. Um

Abb. 53 u. 54. *Aquadukt der zum Bau des Simplon-Tunnels errichteten Wasserkraftanlage.*[25])

Abb. 53. Querschnitt und Längenschnitt. 1/50 n. Gr.

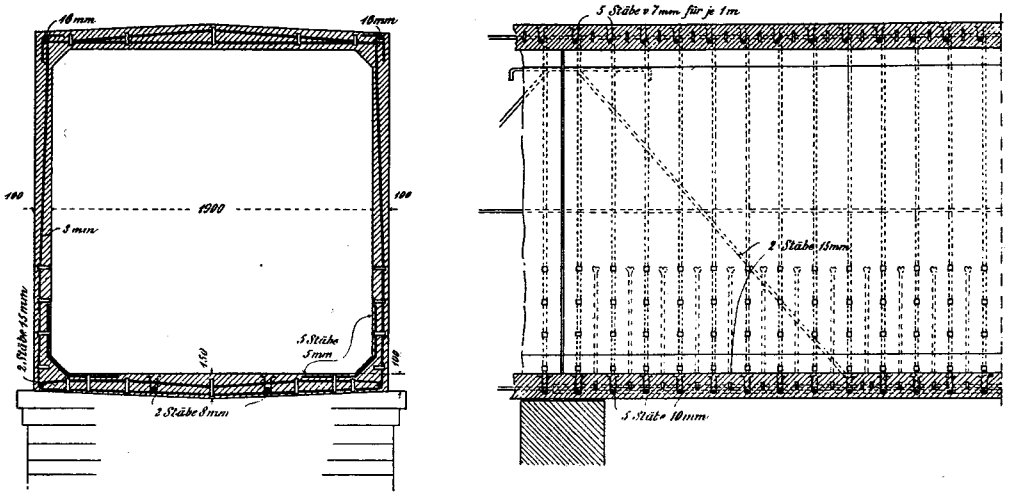
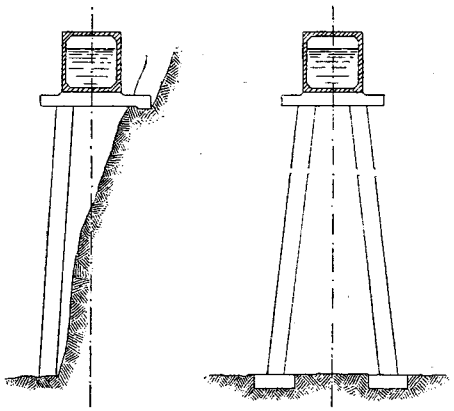


Abb. 54. Unterstützung des Aquadukts.



Längenänderungen infolge der Wärme auszugleichen, haben die Kanalabschnitte über jeder Unterstützung Fugen, indem eine Zarge von halbkreisförmigem Profil in eine entsprechende Nut eingreift. Die Fugen sind nachträglich mit Zement ausgegossen. Tatsächlich sind Undichtheiten nur sehr vereinzelt aufgetreten und durch frischen Zement sehr leicht beseitigt worden. Gegen Frost hat sich der Kanal unempfindlich erwiesen. Eine Gefahr jedoch, der er sehr ausgesetzt ist, besteht in dem Steinschlag von den benachbarten Bergen; man hat ihn deshalb an den gefährdeten Stellen durch eine Decklage von Hausteinen zu schützen gesucht. Zum Befahren des Kanals sind alle 100 m Mannlöcher angebracht, welche mit einem eisernen Deckel verschlossen werden.

[25]) Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1902, S. 1724.

III. Kapitel.

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Bearbeitet von

R. Baumeister,

Oberbaurat und Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

(Hierzu Tafel VII bis XI und 59 Textabbildungen.)

A. Ästhetische Beziehungen im allgemeinen.

§ 1. Verhältnis zwischen Technik und Kunst. Das vorliegende Kapitel macht die Voraussetzung, dafs Brücken nebst einigen verwandten Werken des Ingenieurwesens, als Stützmauern, Tunnelportale, neben wissenschaftlicher Behandlung einer künstlerischen Auffassung unterworfen werden können und sollen. Bekanntlich belegt man diese Bauten aus Stein, Holz, Eisen auch nach altem Sprachgebrauch mit dem Namen Kunstbauten, während die einfachen Formen von Erdarbeiten, Faschinenwerken u. dergl. lediglich und völlig durch die Rücksichten der Sicherheit und Billigkeit bestimmt werden. Wir machen somit den Brückenbau zu einem Teile der Baukunst im weiteren Sinne und suchen aus deren allgemeinen Grundsätzen eine eigentümliche Grundlage zum Entwerfen und Beurteilen von Brücken zu gewinnen, eine architektonische Formenlehre. Dieselbe steht zur Konstruktionslehre in demselben Verhältnis, wie in anderen Zweigen des Bauwesens und der Industrie: während das Ziel der Baukonstruktionslehre wissenschaftliche Tadellosigkeit in allen materiellen Rücksichten ist, besteht dasjenige der Kunstformenlehre in ästhetischer Befriedigung, d. h. Schönheit.

Gleichzeitig wird freilich auch Kostenersparnis immer stärker als das oberste Gesetz im Bauwesen betont, und deshalb jede Rücksicht auf Schönheit grundsätzlich verbannt, weil sie angeblich stets Geld kostet. Aber richtig verstanden, stehen beide Forderungen nicht in völligem Gegensatz. Denn wenn allerdings solche Bauteile und Formen, welche lediglich Schmuck oder Verzierung abgeben, einen sogenannten ästhetischen Überflufs bilden, und vom Nützlichkeitsstandpunkt aus erspart werden können, so gibt es doch schon in den bei der strengsten Sparsamkeit notwendigen Konstruktionsteilen und Arbeiten sehr oft Gelegenheit zur Übung des Geschmackes. Kein Bauwerk entbehrt ganz einer gewissen Freiheit in den allgemeinen Verhältnissen, in der Auswahl und Bearbeitung des Baustoffs, in der Bestimmung von Spannweiten und Pfeilerdicken, in der Färbung u. s. w., ohne damit nachweislich mit dem Kostenanschlag in Berührung zu kommen. Wo aber Freiheit ist, da kann auch die zu wählende Form schön oder unpassend werden, einen gewissen Charakter tragen oder gleichgiltig lassen. Für diese Art von Schönheit gilt der Satz: Geschmack kostet nichts.

Es mufs zugegeben werden, dafs im allgemeinen bei Brücken mehr als bei Hochbauten die Formen eines Entwurfs durch wissenschaftliche Regeln und Rechnungen aus den örtlichen Verhältnissen abgeleitet werden. Die eben erwähnte künstlerische Freiheit ist daher meistens in enge Grenzen eingeschlossen, namentlich bei Eisenkonstruktionen, und es besteht eine strengere, nachweisbare Sonderung zwischen den statisch notwendigen Massen und den behufs reicherer Ausstattung gewählten Zutaten. Aber es wäre ein ganz oberflächliches Verfahren, deshalb die Gesamterscheinung des Baues künstlerisch zu vernachlässigen und ihr nur etliche schmückende Versuche anzuhängen. Eine solche rein äufserliche Teilung der Arbeit könnte nur zufällig den Ansprüchen der Ästhetik auf innere Einheit des Bauwerks, auf gesetzmäfsige Ableitung der Verzierungen aus der Konstruktion, auf eigenartige Formgebung der verschiedenen Baustoffe und Bauzwecke genügen. Wenn der Ingenieur nicht durch eigene Studien in den Stand gesetzt ist, die bei seinen Werken vorkommenden künstlerischen Aufgaben vollständig zu lösen, so sollte er doch mindestens soviel Liebe und Verständnis für die Sache haben, um die Grundzüge eines Baues künstlerisch abzuwägen und vorzubereiten, und dann nötigenfalls mit Hilfe eines Architekten ins einzelne auszuarbeiten. Oder es müfsten Ingenieur und Architekt das Bauwerk von vornherein gemeinsam entwerfen, damit der letztere schon bei den Grundlinien ästhetische Rücksichten zur Geltung bringe, anderseits aber auch die technischen und wirtschaftlichen Gedanken des Ingenieurs verstehen lerne und zur deutlichen Grundlage bei der weiteren künstlerischen Ausbildung mache. Eine interessante Frage dieser Art ist die Wahl zwischen einem hochstrebenden Bogenhängewerk und einer niedrig liegenden Hängebrücke in der Stadt Passau, deren malerisches Gesamtbild durch die Bogenkonstruktion unstreitig gestört werden würde.[1]) Unseres Erachtens geht diese Forderung bei den Fragen des Brückenbaues nicht zu weit, und die nachfolgenden Paragraphen wollen deshalb versuchen, die hauptsächlichen künstlerischen Momente bei Brücken ordnungsmäfsig zu entwickeln.[2])

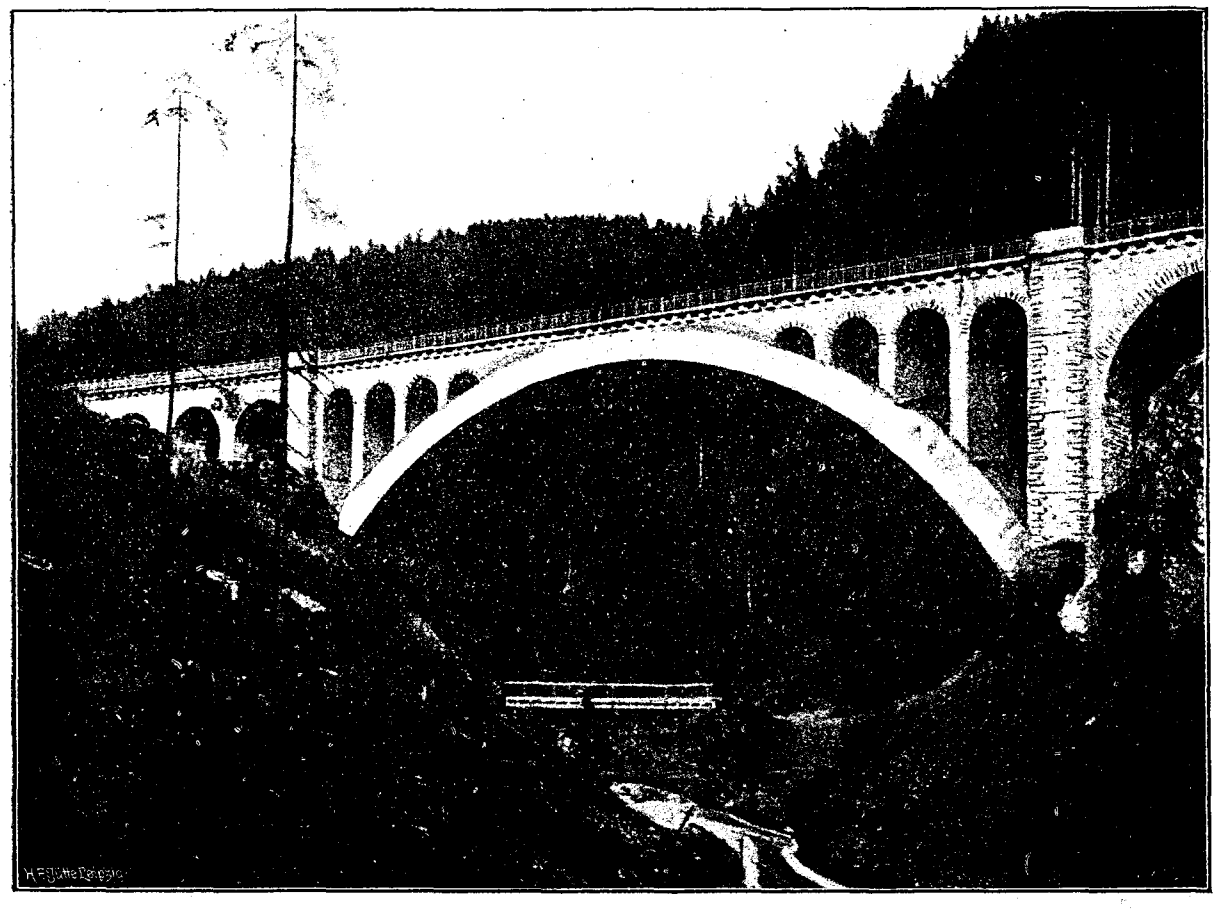
§ 2. Ausbildung des Bauzweckes. Die erste Aufgabe der Baukunst besteht darin, die Bestimmung des Baues aus einem höheren Gesichtspunkt als dem gemeiner Zweckmäfsigkeit aufzufassen und den gewonnenen idealen Beziehungen in der Formgebung Ausdruck zu geben. Die Bestimmung einer Brücke als öffentlicher Übergang, als Eingang zu einer Stadt oder einem Stadtteil, ja als Völkerstrafse, die Gröfse und Geschwindigkeit des Verkehrs, ferner die Lage in einer Stadt, im Freien oder vor einer abwehrenden Festung, dann die Eindrücke umgebender Gebäude und Naturbilder sind Grundgedanken, aus welchen die Abmessungen der ersten technischen Skizze näher bestimmt, verändert und neue Elemente zur Ausschmückung hinzugefügt werden. Selbstverständlich soll die künstlerische Formgebung nicht der technischen widersprechen, da beide auf einem und demselben Bauzwecke beruhen. Wie aber gegen diese Forderung der Wahrheit im Hochbau und in der Kunstindustrie oft genug gesündigt wird, um Spielerei oder Scheinluxus zu treiben, so fehlt es auch im Brückenbau nicht ganz an Verstöfsen, z. B. hölzerne Sprengwerke mittels Verschalung und Anstrich als steinerne

[1]) Deutsche Bauz. 1904, No. 52, 62, 66.

[2]) In ausführlicherer Weise erstrebt dieses Ziel des Verfassers „Architektonische Formenlehre für Ingenieure", Stuttgart 1866, welche zugleich als eine Sammlung zahlreicher charakteristischer Abbildungen von ganzen Brücken und von Einzelheiten aus früherer Zeit dienen kann. Ferner seien als lehrreiche Sammlungen, sowie als Quellen für viele in diesem Kapitel erwähnten Bauwerke genannt: Hamburg und seine Bauten, 1890. — Mehrtens, Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrh., 1900. — Die Strafsenbrücken der Stadt Berlin, 1902. — Auf die genannten 4 Werke wird in der Folge nicht mehr einzeln verwiesen.

Gewölbe verkleidet, eiserne Horizontalträger als Bogenkonstruktion verblendet[3]), ein Fufssteg zum Modell eines römischen Aquaduktes gemacht, die Ausschmückung einer Brückentragwand als Tempel, welcher nun in der Luft schwebt, statt auf dem Boden zu stehen.[4]) Öfter noch sind Gegensätze zwischen der architektonischen Gesamthaltung einer Brücke und ihrer Umgebung zu beklagen, z. B. magerer Linienzug zwischen Festungswerken, glatte geleckte Formen in romantischer Gegend, oder umgekehrt plumpe Behandlung in einem vornehmen städtischen Viertel. Wie schön fügt sich dagegen z. B. die Gutachbrücke mit ihren einfachen Linien und kräftigen Steinen in die Schwarzwald-Landschaft ein, wie bedeutsam erinnern bei den Brücken in Freiburg und Köln die gotischen Architekturformen an den alles beherrschenden Dom. Besonders sorgfältig hat man auch die stilistische Ausstattung der Strafsenbrücken in Berlin, wo sich Gelegenheit gab, mit den benachbarten Gebäuden in Einklang zu bringen gesucht.

Abb. 1. *Eisenbahnbrücke über die Gutach im badischen Schwarzwald. Spannweite 64 m.*[5])



Hinsichtlich der allgemeinen Mafsverhältnisse ist eine Brückenansicht in den meisten Fällen symmetrisch und entsteht dadurch der Eindruck von Würde und Klarheit. Es können jedoch auch ganz entschiedene Abweichungen von der Symmetrie ohne Verletzung der Schönheit vorkommen, wo die natürliche Geländebildung unregelmäfsig ist und die Brücke gerade durch ihr Anschmiegen an dieselbe ihre Bestimmung: über ein wildes oder ungleichartiges Tal den regelmäfsigen menschlichen Verkehr zu führen, klar

[3]) Strafsenunterführung am Praterstern in Wien.

[4]) Kanalbrücke über den Flufs Calder.

[5]) Aus: Schweiz. Bauz. 1901, Bd. 38. Faksim.-Repr.

vor Augen stellt. So mögen die Höhen der Pfeiler einer Talbrücke oder die Spannweiten eines Überganges über einen Strom mit Überschwemmungsgebiet ungleich verteilt sein: wenn nur die Veranlassung deutlich ist, so bleibt der Eindruck glücklich. Ist jene aber so gesucht, dafs sie durch die Mittel der Technik leicht überwunden werden könnte, oder durch Wasser versteckt (wie an der Eisenbahnbrücke über den Rheinfall bei Schaffhausen), so findet der uneingeweihte Beobachter die Unregelmäfsigkeit unschön. Zugleich ist zu fordern, dafs erhebliche Unterschiede in den örtlichen Verhältnissen auch im Bauwerk deutlich abgesondert werden; zu diesem Zwecke werden eine Strombrücke und die zugehörigen Flutöffnungen, ferner verschieden gestaltete Abteilungen einer Talbrücke durch starke selbständige Mauerkörper (Widerlagspfeiler) voneinander getrennt und je für sich selbständig und symmetrisch ausgebildet, z. B. Taf. VIII, Abb. 1, 5, 10, 19 und Taf. X, Abb. 3ª, 13. Wird dies Mittel unterlassen und nach blofs technischer Zweckmäfsigkeit eingeteilt, so ist der Eindruck unklar und unerfreulich.

Das gleiche Hilfsmittel dient auch, um an sehr langen Brücken, namentlich an Talbrücken mit zahllosen Öffnungen, dem künstlerischen Gesetz der Einheit in der Mannigfaltigkeit zu genügen: Teilung des Bauwerks in Gruppen von etwa fünf bis neun Öffnungen, zwischen welche jeweils ein stärkerer Pfeiler (Gruppenpfeiler) gestellt wird (Taf. IX, Abb. 7 u. 12 und Bd. 1, Taf. VII, Abb. 8).

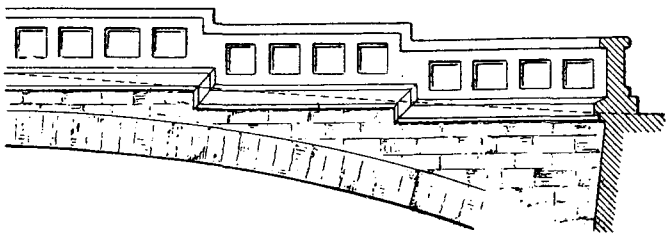
Für den ästhetischen Eindruck ist ferner das Verhältnis zwischen den Höhen des Unterbaues und Überbaues, zwischen Pfeilerhöhen und Dicken, von Sockel und Hauptgesims zur ganzen Mauer, von der Höhe der Steinschichten zur Mauerhöhe sehr wichtig. Soweit nicht die technische Notwendigkeit darüber schon vollständig entschieden hat, begegnet am ganzen Bauwerk wie an einzelnen Teilen immer wieder die Aufgabe, solche Verhältnisse festzusetzen. Wählen wir z. B. an einem Fachwerkträger die Höhe der Gurtungen bedeutend zur Höhe der Maschen, so erscheint der Träger kräftig, schwer, im entgegengesetzten Falle zierlich und leicht. Übertrifft die Höhe des Überbaues einer Brücke diejenige der Pfeiler, so erhält man den Eindruck des schweren Gewichtes und legt demselben gröfseren Wert bei. An einer hohen Talbrücke hält man im Gegenteil die Pfeiler für die Hauptsache, die Ausführung des in den Massen geringeren Überbaues für eine leichte Sache und deshalb seine Bestimmung für unwichtiger. Je gröfser die Höhe eines krönenden Gesimses im Verhältnis zur ganzen Mauerhöhe gewählt wird, desto schwerer scheint die Belastung der letzteren und des ganzen Baues.

Ein wechselnder Wasserstand entzieht die Pfeiler einer Brücke mehr oder weniger dem Auge, und beeinträchtigt daher sowohl die Gliederung der Pfeiler selbst als das Verhältnis zwischen ihnen und dem Überbau. Um nun den richtigen Eindruck nicht allzulange zu entbehren, empfiehlt sich ein hoher Unterbau, in Stufen oder als Steinwurf, oder zwischen senkrechten Wänden, gleichsam eine künstliche Insel (Taf. VII, Abb. 7 u. 9, Taf. VIII, Abb. 4, Taf. IX, Abb. 2), welche mindestens die Höhe des Niederwassers erreicht, und oberhalb deren erst die eigentlich architektonische Gliederung beginnt. Zugleich wird dadurch auch künstlerisch an Standsicherheit gewonnen, während bekanntlich andererseits die Einengung des Flufsprofils technisch ihre Grenzen hat.

Der Wunsch, die Bedeutung einer Brücke zu steigern, hat ferner oft veranlafst, ihre Bahn von beiden Ufern gegen die Flufsmitte ansteigen zu lassen und dadurch dem Überbau mehr ästhetisches Gewicht, zugleich eine scheinbar gröfsere Tragfähigkeit (als leicht geschwungener Bogen) zu erteilen. Aufserdem liegt bekanntlich zuweilen der technische Grund vor, den Überbau wenigstens in der Mitte des Flusses mehr dem

Hochwasser zu entziehen, während andererseits ebenfalls technische Rücksichten auf den Verkehr, namentlich bei Eisenbahnen, dieses Verfahren in gelindere Steigungsverhältnisse einschränken, als es an älteren Brücken vielfach geübt worden ist. Die Grundform einer solchen Überhöhung wäre eine stetige Kurve über die gesamte Flufsbreite, sowohl für eine Brücke mit nur einer Öffnung als für eine solche mit mehreren, so an vielen Brücken in London, Paris, Berlin, Hamburg. Leichter ausführbar ist gewöhnlich ein Vieleck, wie an der Wandrahms-Brücke in Hamburg (Taf. IX, Abb. 9) mit sechsfach gebrochener Bahnlinie, oder mit einem Bruchpunkt über jedem Pfeiler. Ferner können das mittlere Drittel der Brücke wagerecht, die seitlichen Drittel geradlinig ansteigend angelegt werden, wie an der Albert-Brücke in Dresden (Taf. VIII, Abb. 1), an der Brücke über die Zollelbe in Magdeburg (Taf. VIII, Abb. 11), an der Moabiter Brücke in Berlin (Taf. X, Abb. 6), an der alten Heidelberger Brücke u. a. Es ist dabei zu empfehlen, den drei Teilen ungefähr gleiche Längen zu geben, um sich jener stetigen Kurve zu nähern, wie die genannten Beispiele zeigen. Kurze, steile Ansteigungen von den Ufern zu einer langen flachen Strecke sehen unbequem aus (Taf. XI, Abb. 7), ebenso ein kurzes wagerechtes Mittelstück zwischen langen Gefällen, um so mehr, als beides schon technisch verbesserungsfähig ist. Ein Sattel aus zwei geraden Linien kann über einer Öffnung natürlich und gefällig erscheinen (Ponte Rialto in Venedig, Fleischer-Brücke in Nürnberg), an einer Brücke mit mehreren Öffnungen nur dann, wenn er durch einen längeren Bogen abgerundet ist (Carola-Brücke in Dresden und Friedrichsbrücke in Berlin). Wegen der Schwierigkeiten, welche geneigte und gekrümmte Linien namentlich an den Gesimsen und Geländern bieten mögen, hat man bei denselben zuweilen nach Abb. 2 eine abgestufte Reihe wagerechter Strecken vorgezogen, hinter welcher jedoch natürlich das Gefälle der Brückenbahn stetig verläuft. Anlafs und Eindruck sind ähnlich wie bei abgestuften Dachgiebeln.

Abb. 2.



Beträchtlich geringer kann die Überhöhung einer Brücke in der Mitte gewählt werden, wenn nur beabsichtigt wird, die Augentäuschung zu vermeiden, wonach eine lange wagerechte Bahn in der Mitte eingesunken erscheint. Als Beispiel diene die Syratal-Brücke in Plauen (Bd. 1, Taf. XII), deren Bahn von den beiden Landfesten gegen die Mitte mit 1 : 240 ansteigt.

Ein ähnliches Hilfsmittel wie das Ansteigen der Brückenbahn ist die Vergrößerung der Spannweiten von den beiden Ufern gegen die Mitte. Wenn dasselbe gleichzeitig mit einer Überhöhung der Brückenbahn angewendet wird, so kann man an Bogenbrücken bei allen Öffnungen ein gleiches Verhältnis zwischen Spannweite und Pfeilhöhe erreichen, oder sämtliche Bogenanfänge und sämtliche Bogenscheitel in stetige Linien bringen, etwa die Bogenanfänge in eine wagerechte, die Bogenscheitel in eine geneigte Linie oder in eine gekrümmte Linie (Kreisbogen oder Parabel). Solches ist z. B. in Bd. 1, Taf. III, Abb. 8 und in Taf. IX, Abb. 9 geschehen, während die Brücke auf Taf. VIII, Abb. 1[6]) das Verfahren in den beiden äufseren Dritteln angewendet

[6]) An der Albert-Brücke folgen auf die dargestellten 3 Flutöffnungen noch 2 weitere mit 13,325 und 12,7 m Spannweite.

hat. Diese Beispiele zeigen zugleich den Unterschied, ob in die Brückenmitte eine Öffnung oder ein Pfeiler fällt. Jenes ist gleichfalls ein verkleinertes Symbol der Grundbestimmung jeder Brücke, ein Tal zu überdecken; ein Pfeiler in der Mitte stellt sich dagegen mehr als fester Punkt, als Insel im Flufs dar. In künstlerischer Beziehung ist daher in der Regel einer ungeraden Anzahl von Öffnungen der Vorzug zu geben, andernfalls der Pfeiler in der Mitte durch Abmessungen und Schmuck besonders hervorzuheben.

Von den neueren Strafsenbrücken über den Rhein hat diejenige zu Worms über dem Strom 3 Öffnungen von 95, 106, 95 m Spannweite und in ähnlichem Verhältnis verschiedene Pfeilhöhen, so dafs die Brückenbahn in eine parabolische Linie von 2,58 m Stich zu liegen kommt.[7]) Auf beiden Ufern schliefsen sich Flutbrücken an, deren Bahnen mit 1 : 30 Neigung jene Kurven berühren. Bei der Rheinbrücke in Bonn (Taf. X, Abb. 5) ist die Mittelöffnung mit ganz erheblich gröfserer Weite entworfen, als die beiden Seitenöffnungen, daher auch dort der Bogen über der Bahn emporragt. Von beiden Ufern an erhält die Brückenbahn Steigungen von 1 : 30 bis zu den Strompfeilern, sodann 1 : 100 bis zur Brückenmitte. Ohne Zweifel wird hierdurch ein grofsartiges und zugleich malerisches Gesamtbild erzielt, und zugleich der Zweck ungestörter landschaftlicher Betrachtung.[8])

Das ästhetische Bedürfnis der Vergröfserung von Höhen und Spannweiten tritt übrigens um so mehr zurück, je gröfser die Anzahl der Öffnungen ist. Der Grund hiervon liegt darin, dafs das Auge eine Brücke als ganzes auffassen möchte und dies um so weniger vermag, je mehr Zwischenunterstützungen vorhanden sind. Lange Flutbrücken und Talbrücken mit zahlreichen Öffnungen eignen sich nicht mehr für das angeführte Verfahren.

Indem die Kunst leitende und bildende Macht für ein ganzes Volk sein kann und soll, müssen ihre Werke auf allgemeine Verständlichkeit Rücksicht nehmen, nicht zwar, um auf einen roheren Standpunkt zu sinken, aber um an gewohnte Begriffe anzuknüpfen. Nun müssen gerade im Brückenbau die sonderbaren Formen befremden, welche die Wissenschaft jetzt als vorteilhaft angibt; selbst in der gebildeten Gesellschaft ist das zu erwarten. Wenn man daher der Kunst einen bescheidenen Platz im Brückenbau einräumen will, so soll zwar nicht auf die Fortschritte der Wissenschaft und ihre wirtschaftliche Ausbeutung verzichtet werden, aber es möge das Verständnis für solche Fortschritte erleichtert, ihre ästhetische Wirkung verallgemeinert und der Boden des Volksbewufstseins nicht rücksichtslos und unnötig verlassen werden. So ist ein Gewölbe nach dem Kreisbogen allgemein verständlich. Die Zweckmäfsigkeit der Stützlinie dagegen kennt die Gesamtheit nicht, daher auch ihre ästhetische Wirkung dahin fällt. Der grofse Mittelbogen des Göltzschtal-Viaduktes z. B. macht einen verwirrenden Eindruck auf den unbefangenen Beobachter, welcher unmittelbar daneben Halbkreise zu gleichem Zweck angewandt sieht. Vollends unverständlich bleibt das Einlegen von Gelenken in Steingewölbe. Bei Tragwänden wirkt die wagerechte Begrenzung, gleich einem gewöhnlichen Balken, angenehmer als die eingeknickte eines Auslegerträgers (1. Bd., S. 20) oder als die gekrümmte eines Halbparabelträgers (1. Bd., S. 18). Sobald jedoch, statt den letzteren als Fachwerk auszubilden, die obere Kurve selbst-

[7]) Die Abbildung auf Taf. III, Abb. 9 im 1. Bd. ist ungenau, sie zeigt drei gerade statt einer stetig gebogenen Linie (vergl. die Erläuterung im Text, 1. Bd., S. 66).

[8]) Die Bonner Rheinbrücke, herausgegeben von der Stadt Bonn, 1898. — Deutsche Bauz. 1896, 1898. — Zentralbl. d. Bauverw. 1898.

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Abb. 1. Tunnelportal.

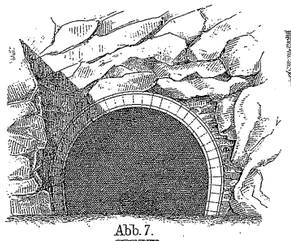
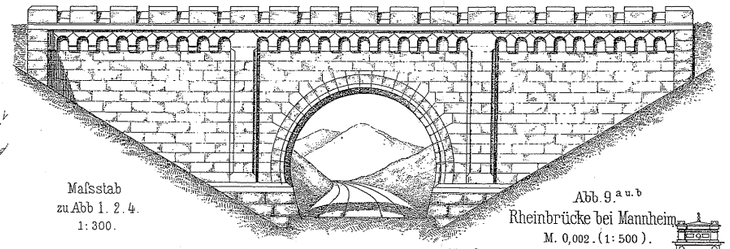


Abb. 2. Brückthor.



Maßstab zu Abb 1. 2. 4. 1:300.

Abb. 3. Neckarbrücke in Mannheim.

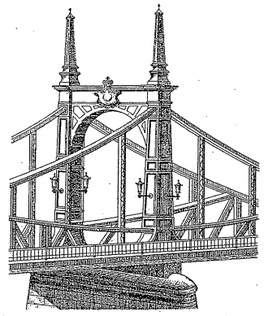


Abb. 4. Durchfahrt.

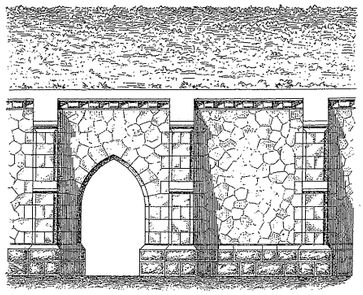


Abb. 5. Landpfeiler der Elbbrücke bei Meissen.

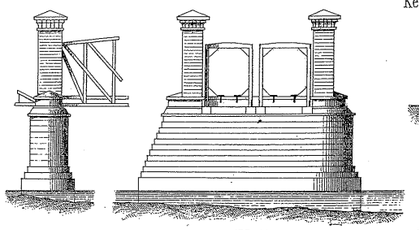


Abb. 6. Franz-Karl Kettenbrücke in Graz. M. 1:600.

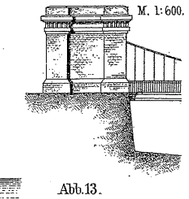


Abb. 7. Weichselbrücke bei Dirschau. M. 0,001 4 (1:720).

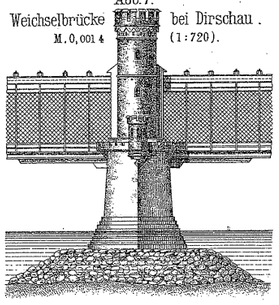


Abb. 8. Eipelbrücke in Ungarn. M. 0,002 5. (1:400).

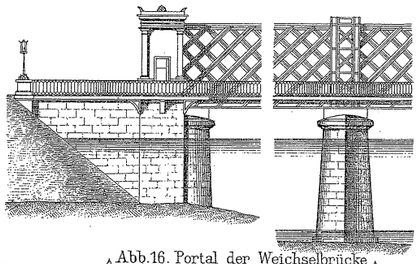


Abb. 9. a u. b Rheinbrücke bei Mannheim. M. 0,002. (1:500).

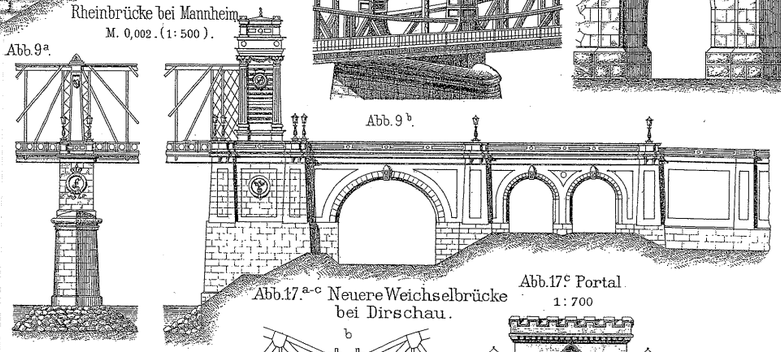


Abb. 9a.

Abb. 9b.

Abb. 10. Viadukt über den Dee

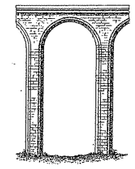


Abb. 11. Kettenbrücke in Prag. M. 1:600.

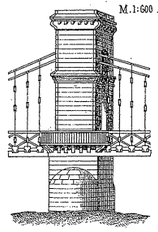


Abb. 12. Pfone der Bamberger Kettenbrücke. M. 1:250.

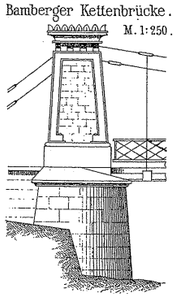
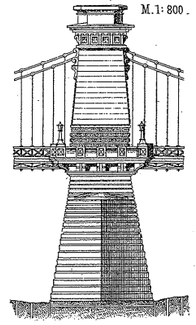
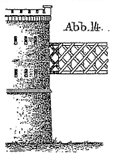


Abb. 13. Kettenbrücke in Budapest. M. 1:800.



Moselbrücke Coblenz Abb. 14.



Weichselbrücke Thorn. Abb. 15.

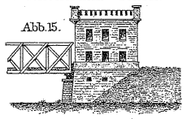


Abb. 16. Portal der Weichselbrücke bei Fordon.

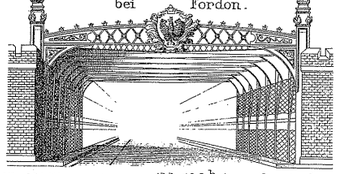
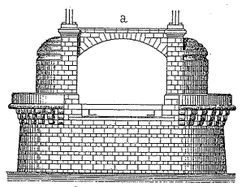


Abb. 17. a-c Neuere Weichselbrücke bei Dirschau.

Abb. 17. a, b. Mittelpfeiler. 1:450.



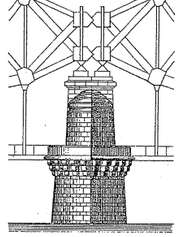


Abb. 17c Portal 1:700

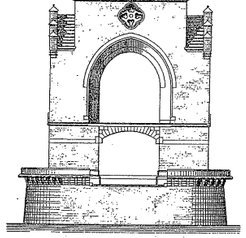


Abb. 18. Portal der Wittelsbachbrücke in München. M. 1:100.

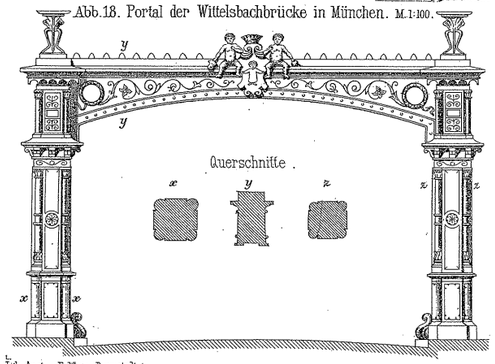


Abb. 19. a, b Amerikanische Brückeneingänge.

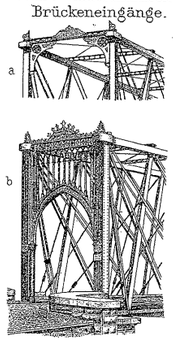


Abb. 20. a, b Kaiserbrücke in Bremen. 1:300.

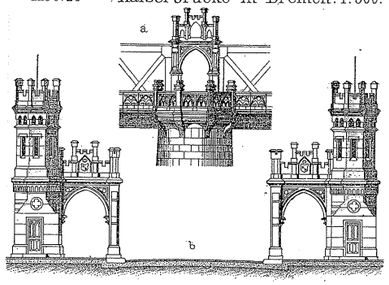


Abb. 21. Lahnbrücke bei Nassau. 1:400.

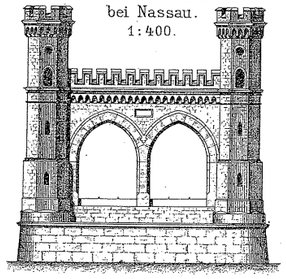


Abb. 22. Brooksbrücke in Hamburg.

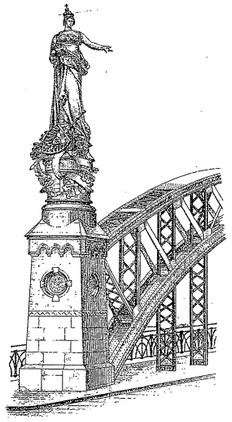


Abb. 23. Elbbrücke bei Hamburg.

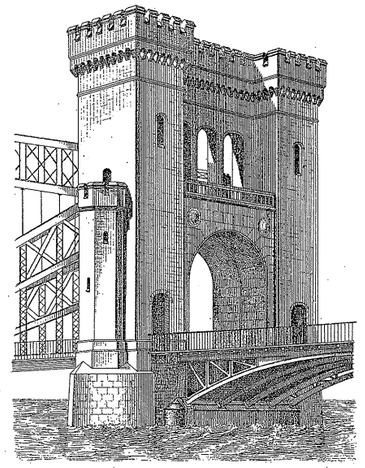
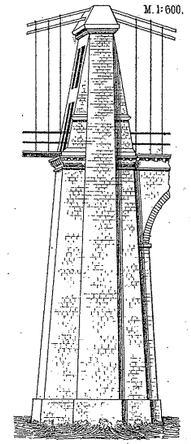


Abb. 24. Kettenbrücke über die Menai-Strasse. M. 1:600.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Abb. 1a-c
Albert-Brücke
in Dresden
M. 1:400.

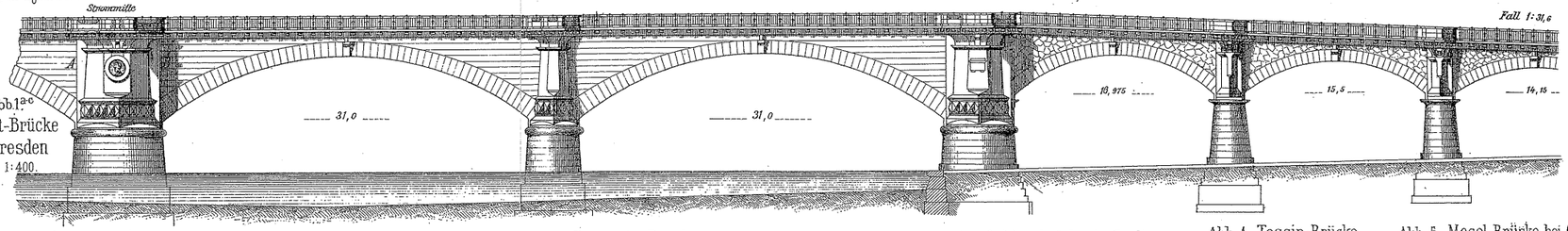


Abb. 1b. Grundriss der Brüstung.

Abb. 1c Horizontalschnitt in der Höhe AB.

Abb. 2. Britannia-Brücke.

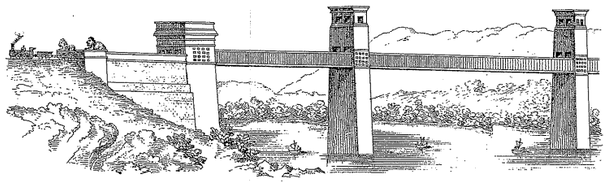


Abb. 3. Schlossbrücke in Berlin.

Abb. 4. Tessin-Brücke
bei Buffalora.
M. 1:500.

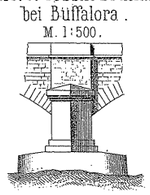


Abb. 5. Mosel-Brücke bei Güls.
M. 1:500.

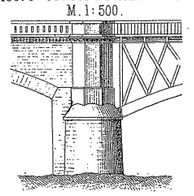


Abb. 19. Eisenbahnbrücke über die Warthe
bei Wronke 1:500.

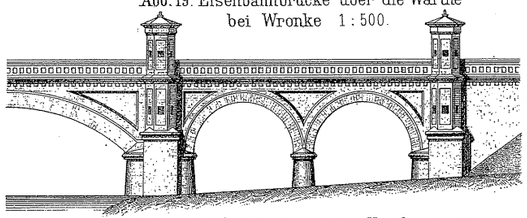


Abb. 6. Brücke auf der Uhlenhorst in Hamburg. 1:300.

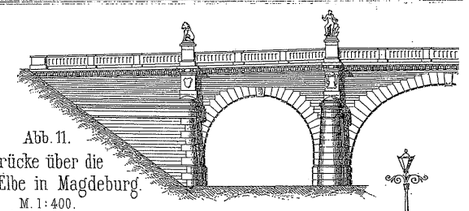


Abb. 11.
Brücke über die
Zoll-Elbe in Magdeburg.
M. 1:400.

Abb. 7. Portal der Kettenbrücke
in Müllheim
M. 1:150.

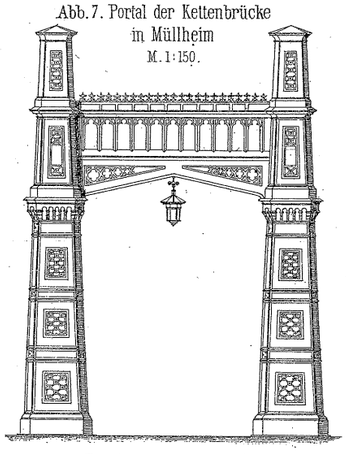


Abb. 8. Portal der Brücke von Lorient.

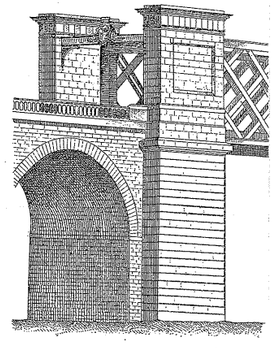


Abb. 9. Tegetthoff-Brücke in Wien.
M. 1:50.

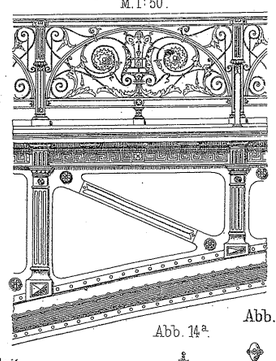


Abb. 10. Rheinbrücke bei Waldshut. M. 1:300.

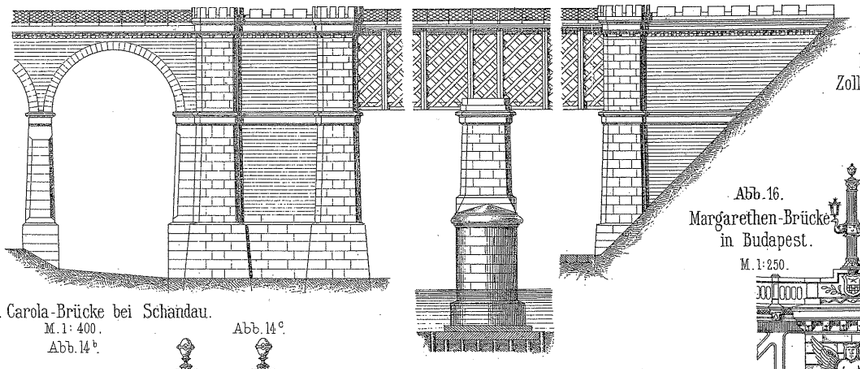


Abb. 16.
Margarethen-Brücke
in Budapest.
M. 1:250.

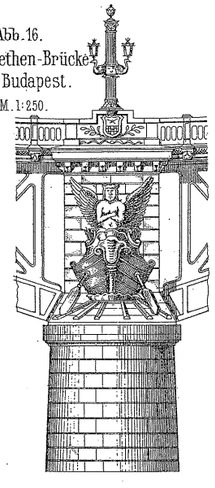


Abb. 17. Unterspree-Brücke in Berlin.

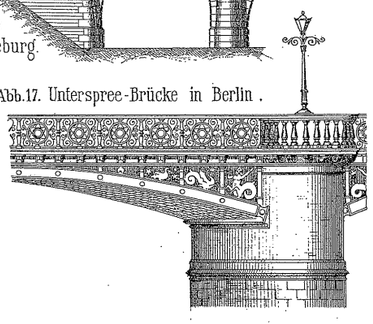


Abb. 12. Portal der österreichischen Südbahn.
M. 1:300.

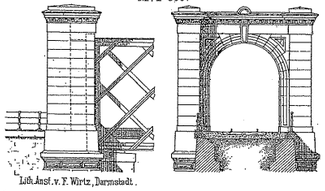


Abb. 13. Memel-Brücke bei Tilsit.
Abb. 13a. M. 1:400. Abb. 13b.

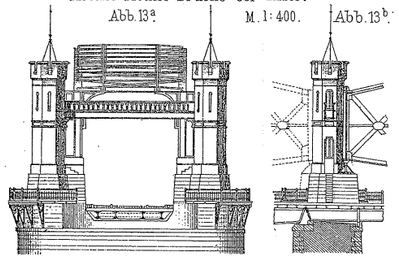


Abb. 14. Carola-Brücke bei Schandau.
Abb. 14a. M. 1:400. Abb. 14b. Abb. 14c.

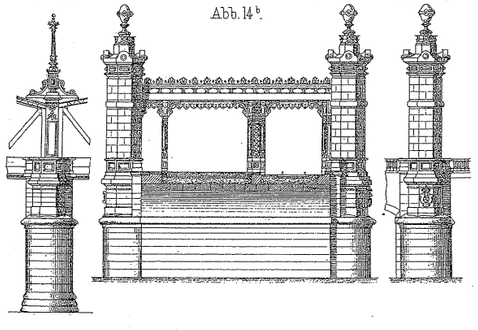


Abb. 15. Unterführung der Weißenturmator-Straße
in Straßburg.

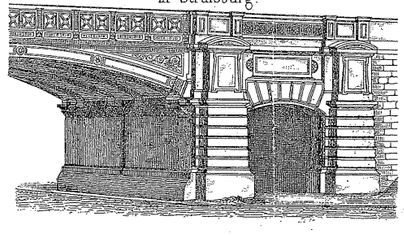
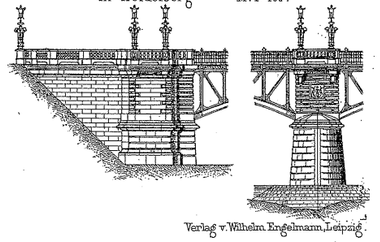


Abb. 18. Neuenheimer Brücke
in Heidelberg M. 1:400.

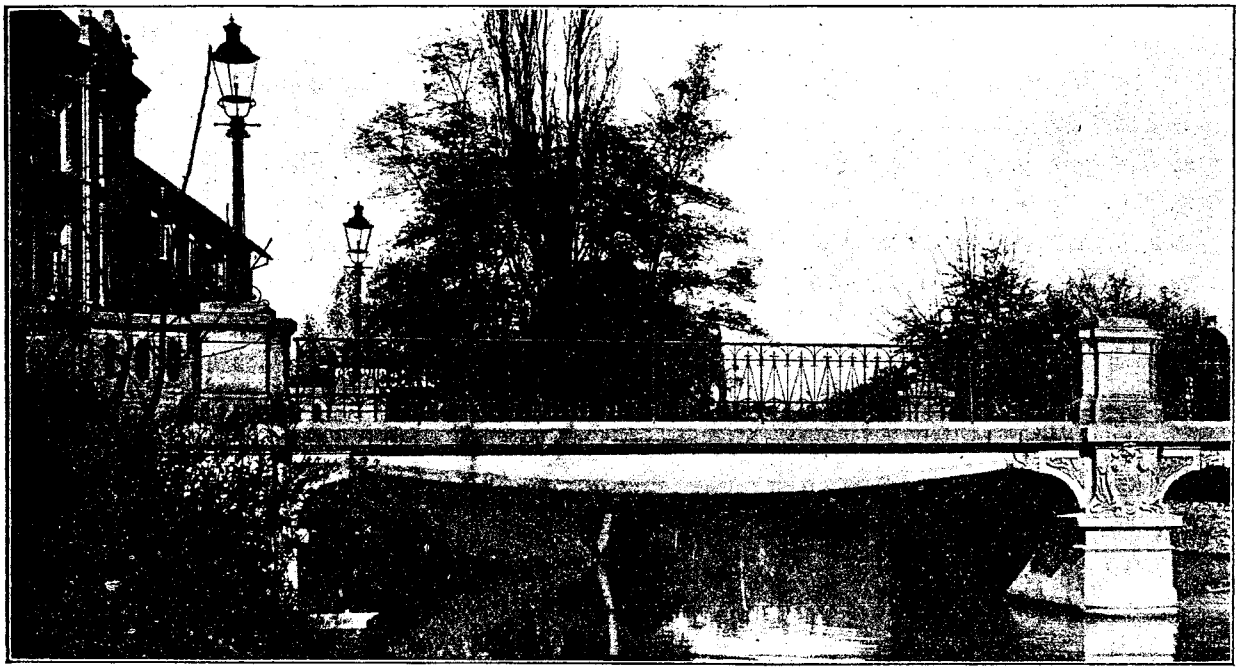


Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

ständig tragfähig gemacht wird und die Brückenbahn mittels Hängestangen trägt, so gewinnt man eine klare Bogenwirkung, von welcher in vielen neuen Strafsenbrücken glücklicher Gebrauch gemacht worden ist, teils mit, teils ohne Zugband, z. B. Mittelöffnung in Bonn (Taf. X, Abb. 5), Pafsbrücke in Breslau (Abb. 11). Aufwärts gekrümmte Stützbogen erregen überhaupt, namentlich bei grofsen Spannweiten, unmittelbarer und verständlicher den Eindruck der Tragweise und Tragfähigkeit, als wagerechte Überdeckungen, vollends als Fischbauchträger (Abb. 3 und Bd. 1, Abb. 43 auf S. 101). Von den Eisenbahnbrücken des Mittelrheins werden sicherlich diejenigen zu Koblenz mehr Wohlgefallen erwecken, als die zu Mannheim und Köln, die ältere Mainzer aber wohl am wenigsten angenehme Wirkung bei der Masse erregen, namentlich im Vergleich mit den prächtigen neuen Brücken daselbst. Dieser Umstand dürfte doch wohl, wo örtliche Verhältnisse und Kosten die Wahl nicht bedeutend beschränken, zum Vorzug des einen oder anderen Systems beitragen.

Abb. 3. *Ferdinands-Brücke in Braunschweig.*[9])



Ein anderes Moment, auf dem die Volkstümlichkeit von Bauwerken beruht, ist der Baustoff. Stein ist am meisten volkstümlich, weil an ihm gewisse Eigenschaften, welche die ästhetische Wirkung bedingen, im höchsten Grade vorkommen. Durch die Geringfügigkeit der Festigkeitskoeffizienten und die Art des Verbandes entstehen hier vorzugsweise grofse Massen gegenüber Holz und Eisen, sowohl zum Stützen als zum Überspannen. Damit scheint für das allgemeine Verständnis, welches nicht nachrechnet, sondern nachfühlt, mehr Sicherheit vorhanden und der monumentale Charakter der Baukunst überhaupt besser gewahrt zu sein. Ferner stehen an Stein Festigkeit und Gewicht in einem jedermann bekannten Verhältnis, so dafs auch der Laie wohl empfindet, ob kühn oder schwerfällig gebaut sei. Mithin wird die künstlerische Aufgabe der Baukunst im allgemeinen leichter gelöst, und es ist Stein aus diesem Gesichtspunkt vorzuziehen, sofern die Umstände es irgend ermöglichen. Sieht man vom Holz ab,

[9]) Photograph: Georg Meyer in Braunschweig. Faksim.-Repr.

weil es wegen seiner Vergänglichkeit überhaupt selten zu Brücken verwendet wird, so steht nun im starken Gegensatz zum Stein das Eisen. In Eisenkonstruktionen ist das Verhältnis zwischen Schwere und Festigkeit, die Bedeutung der einzelnen Teile so wenig bekannt, dafs eiserne Pfeiler und Überbauten immer noch als Wunderwerke erscheinen. Die Konstruktionen zeigen so wenig Masse (aufser an Hohlkörpern), dafs die Gewohnheit, welche sich ein Sicherheitsgefühl an Steinbauten und etwa an Holzbauten angeeignet hat, Zweifel hegt, welche einen ruhigen und klaren künstlerischen Eindruck hemmen. Die Schwierigkeiten wachsen noch, wenn an einem Bauwerk Stein und Eisen gleichzeitig vorkommen; da ein Zusammenschmelzen nicht möglich, so gilt es vielmehr, reinlich zu scheiden und die Gegensätze zu betonen. Erst wenn dem Volk die Tragfähigkeit von Eisenbrücken ins Gefühl übergegangen sein wird, kann dieser Baustoff ebenfalls volkstümlich werden, und dazu möge die Kunst an ihrem Teile mithelfen, indem sie mittels der künstlerischen Wirkungen das technische Verständnis bei Laien unterstützt. Ohne von der Anwendung des Eisens einen neuen Baustil zu erwarten, wünschen wir doch, dafs die Kunst sich seiner annähme und seine grofsartige Anwendung vor den Augen der Nation rechtfertige.

§ 3. Ausbildung der Baukonstruktion. Aufser der Bestimmung will die Baukunst auch die Konstruktion eines Bauwerkes vergeistigen und zwar von folgendem Gesichtspunkte aus. In den Bildungen der Natur sind dieselben Gesetze der Schwere und Festigkeit wahrzunehmen, welche bei der Benutzung ihrer Stoffe im Bauwesen befolgt werden müssen, wenngleich sie dort durch organisches Leben und durch Zerstörungen in mannigfaltiger Weise durchkreuzt werden. Es gilt nun diese Beziehung künstlerisch wiederzugeben, das einfach-verständige Kräftespiel der Bautechnik zu einem bedeutsamen Sinnbilde der Natur zu erheben, in welchem die Widerstände des Stoffes dem Gefühl des Beobachters unmittelbar nahetreten. Dies erfolgt zunächst durch eigenartige Sonderung und Zusammenfassung aller Teile eines Bauwerkes.

Zwar erhält man aus den rein technischen Untersuchungen für einen Entwurf schon von selbst eine gewisse Regelmäfsigkeit und Aneinanderreihung, indessen diese schematischen Linien lassen das Gefühl noch teilnahmlos. Jedem Bauteil ist eine gewisse Aufgabe zugeteilt; sie ist Folge oder Ursache der Aufgaben, welche die anschliefsenden Glieder zu erfüllen haben, allein das spricht sich in seiner technisch notwendigen Form nicht aus, und liegt sogar häufig versteckt. Die künstlerische Formbildung will deshalb auch den Übergang zwischen den Bauteilen klar machen, also nicht blofs das eigene Wesen jedes derselben, sondern auch den Bezug zu den anschliefsenden Gliedern, und hierin liegt ihr erster Vorzug vor der nüchternen Konstruktion. Ein Pfosten oder Pfeiler z. B. erhält einen Sockel und ein Kopfgesims, um die sichere Grundlage und die Aufnahme einer Belastung auszudrücken; ein Strebepfeiler mit geschwungenen Kanten und Absätzen weist auf seine Beziehung zu einem Seitendruck hinter der Mauer hin, auch ohne dafs man diese Ursache sieht; ferner werden zwischen ein Gewölbe und seine Übermauerung Nuten, Zierglieder gelegt, unter eine Gesimsplatte Kragsteine gestellt, auch wenn solches statisch nicht erforderlich sein würde.

Gleich den Naturgebilden soll auch an Kunstwerken Sparsamkeit der Mittel geübt werden. Zunächst ist es einfaches Gesetz des Kostenaufwandes, mit möglichst wenigen Mitteln bedeutende Erfolge — im statischen und künstlerischen Sinne — zu erreichen. Allein die theoretischen Formen und Abmessungen müssen vielfach schon aus praktischen Gründen, wegen Ausführbarkeit oder Verbindung mit anderen Bau-

teilen, gesteigert werden, und dabei kann der Geschmack mitwirken; ja es geschieht tatsächlich öfter, als viele Konstrukteure sich bewufst sind, z. B. an den Profilen von Steinbauten, an den Nerven und Rippen von gufseisernen Konstruktionsteilen, bei der Durchführung gleicher Höhen oder Breiten in den Gliedern eines Fachwerks. Hierbei ist nun die Regel der künstlerischen Sparsamkeit zu befolgen, dafs zur Erreichung irgend eines Zweckes weder zu viele, noch zu wenige Mittel angewendet werden. Das Erste wäre ein Umweg, das Zweite wenigstens der Anschein einer Gefahr für das Gleichgewicht. Dieser Satz verbannt alle gesuchten und gekünstelten Konstruktionen und Verbindungen, wo einfache genügen: man vergleiche den verwirrenden Eindruck der Streben an einer älteren Hängewerksbrücke mit den klaren Linien eines Fachwerks. Er verwirft ferner Scheinkonstruktionen mit grofsem Aufwand und verhältnismäfsig geringem Zweck, z. B. Säulen, welche einer Façade vorgestellt sind und nichts zu tragen haben, als etwa ein verkröpftes Gesimsstück oder eine kleine Figur.

Indessen darf das Streben nach Einfachheit nicht wieder zu blofsen Nützlichkeitsbauten hinabführen, und es verdienen Bauwerke wohl kaum noch den Namen von Kunstwerken, wenn die naturgemäfsen Elemente der Architektur, als Pfeiler, Kragsteine, Rahmen, Gesimse u. s. w. absichtlich verschmäht werden, wie es heutzutage oft im „modernen Baustil“ geschieht. Ein Haus bildet dann, sei es aus Sparsamkeit, sei es aus Neuerungssucht, schier eine durchlöcherte Kiste. Auch im Brückenbau wird dies Verfahren neuerdings gepriesen[10]), mit Bezug auf eine Brücke in Berlin, wo Gewölbe, Übermauerung und Brüstung ungetrennt übereinander sitzen, und nur zum Glück die letztere noch durch einen anmutigen Fries bekrönt wird. Wenn hiermit „Massenwirkung“ erstrebt wird, so brauchte damit die künstlerische Ausbildung der Konstruktion doch keineswegs ausgeschlossen zu werden. Vergl. Taf. XI, Abb. 9, wo nur die Brüstung mittels ihrer Durchbrechungen von der sonst ungeschlachten Masse abgesondert wird.

Zur Erreichung gleicher Zwecke müssen gleiche Mittel ergriffen werden. Hieraus wird Folgerichtigkeit und Ordnung hervorgehen. Eine Brücke, an der einige Öffnungen mit Eisen, andere von ähnlicher Weite mit Gewölben überdeckt sind, gibt im allgemeinen keinen harmonischen Eindruck; man müfste wenigstens beide Gruppen entschieden voneinander sondern (Taf. VIII, Abb. 10). Auch soll zu ähnlichen Teilen Baustoff im Verhältnis dieser Ähnlichkeit gewählt werden: zu stark belasteten Teilen gehören höhere und kräftiger bossierte Steinschichten, als zu wenig beanspruchten; zum Überbau einer weiten Öffnung breitere Gitterstäbe als zu einer kleinen, auch wenn dies technisch nicht gerade erforderlich wäre.

Vorstehende Betrachtungen führen weiter zur Eurythmie. Diese Eigenschaft, die geordnete Aneinanderfügung von gleichen räumlichen Gröfsen, zeigt sich ebenfalls vorbildlich in der Natur; aber der Vorzug des Kunstschönen vor dem Naturschönen besteht darin, dafs dort die architektonischen Gesetze klarer hervortreten. Nun wird zwar schon durch die Technik gewöhnlich die Einteilung des ganzen Bauwerks in Teile von gleicher räumlicher und statischer Bedeutung gegeben, z. B. die Fächer einer Tragwand, die Fugen eines Gewölbes. Aber die Kunst begnügt sich damit nicht immer, sondern wünscht jene Reihen teils noch entschiedener hervorzuheben, teils mit anderen Reihen in Beziehung zu bringen. Man suche also vor allem die Hauptachsen und Knotenpunkte einer Brücke auszuzeichnen. So müssen an einem Pfeiler die eisbrechende Kante des Vorkopfs, der Pfeileraufsatz, ein stärkerer Geländerpfeiler übereinander

[10]) Berliner Architekturwelt 1901, S. 276.

folgen. Das Verwischen der Achse, indem z. B. die Brüstung ohne Unterbrechung durchgeführt wird, oder Geländerpfeiler neben die Achse gestellt werden (Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 2), stört das Auge. Doch ist andererseits Übertreibung unnötig und verfällt leicht in Unruhe, wie z. B. verkröpfte Gesimse an sonst schlichten Bauten zeigen. Im weiteren kann ein Rhythmus aus gröfseren Hauptabschnitten und kleineren Unterabteilungen gebildet sein, so ein Stabgeländer, nach gewissen Längen mit einem dickeren Pfosten, über den Brückenpfeilern aber mit noch stärkeren Pilastern versehen (Taf. IX, Abb. 14 und Taf. X, Abb. 15).

§ 4. Kernform und Kunstform. Das zweite Mittel zur „Idealisierung der Konstruktion" besteht darin, gewisse Formen von Erzeugnissen der Natur und der Technik, namentlich derjenigen mit gewebten Stoffen, bei der Formgebung und Verzierung von Bauteilen mit ähnlicher Funktion zu verwenden. Es ist die Erhebung der durch das technische Bedürfnis geforderten Kernform eines Baugegenstandes zur Kunstform, durch welche eine Erinnerung an das Stützen, Streben, Zusammenhalten u. s. w. des verwendeten Symbols wachgerufen wird. Ähnlich wie die ideale Auffassung des Bauzweckes im Plane Erweiterungen vornimmt, ganze Bauteile zufügt, und so dem ästhetischen Überflufs über das Notwendige hinaus sein Recht gibt, so begnügt sich auch die künstlerische Auffassung der Konstruktion noch nicht mit den, wenn schon klar gestalteten und eurythmisch abgesonderten Hauptmassen, sondern wünscht deren Bedeutung in einer besonderen Welt von Formen noch ausdrucksvoller hervorzuheben. Diese Formen bilden hinsichtlich der struktiven Wirksamkeit der mit ihnen versehenen Bauteile eine lange Reihe, vom Grofsen und Wesentlichen bis zum kleinsten Ornament. In gleicher Richtung wächst das sinngefällige, oberflächlich anmutige Element, und nimmt ab die eigenartige, der Baukonstruktion direkt entstammende Gestalt; bei keinem Gliede aber darf die Beziehung zum konstruktiven Schema des Bauwerks gänzlich fehlen und zur inhaltsleeren Spielerei herabsinken. Teilt man die ganze Reihe in Gruppen, wobei freilich scharfe Grenzen weder technisch noch künstlerisch zu ziehen sind, so enthielte die erste Gruppe die grofsen Hauptteile einer Konstruktion, als Pfeiler, Träger, Decken, deren Kunstformen aus der technischen Aufgabe mit ziemlich beschränkter Formenfreiheit hervorgehen. Als zweite Klasse kommen die Zierglieder, denen noch ein konstruktiver Dienst, aber von untergeordneter oder nur scheinbarer Bedeutung innewohnt, als Gesimse, Wandvorsprünge, Rahmen, Füllungen, Kragsteine. Die dritte Gruppe umfafst endlich die eigentlichen Ornamente, bei welchen ein konstruktiver Nutzen gar nicht mehr stattfindet, daher eine zu verwertende konstruktive Idee nicht mehr aus dem Bauteil selbst, sondern nur aus seiner räumlichen Lage gegen die verzierten Hauptglieder zu entnehmen ist. Ihre Formbildung bewegt sich daher auch am freiesten in der Richtung aufs äufserlich Wohlgefällige, und hat nur in Lage, Gröfse und allgemeinen Umrissen die Beziehung zum grofsen Ganzen zu wahren.

Im Brückenbau ist nun wenig Gelegenheit, sich mit der angeführten Idealisierung der Hauptteile zu beschäftigen, weil deren Formen durch die technischen Rücksichten auf Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit und Kostenaufwand meistens schon genau vorgeschrieben sind. Doch können z. B. die Stützen einer Überführung, die Röhrenpfeiler einer Brücke nach den Motiven von Säulen geformt werden. Ferner liegt es nahe, die geschichtlichen Kunstformen von Überdeckungskonstruktionen an Barren, Bögen und selbst an den einzelnen Teilen von Fachwerken zu verwenden, sowie an Portalen, Geländern, Erkern u. dergl. eingehender zu verfahren. Im allgemeinen aber bewegt sich

die Verschönerung von Brücken mehr in den Gebieten der Zierglieder und der eigentlichen Ornamente, und es mögen nun die betreffenden Regeln mit besonderer Rücksicht auf den Brückenbau kurz angeführt werden.

1. Umfang der Ausschmückung. Nach dem Gesetz der künstlerischen Sparsamkeit (§ 3) stört eine Überladung mit Verzierungen trotz etwaiger anziehender und richtig gewählter Einzelheiten den Gesamteindruck, weil jede Kraftverschwendung einen ungehörigen Zustand verrät, und weil die Bedeutung der Hauptteile unterdrückt oder unklar wird. Man hat hier immer die Eigenart des gesamten Werkes zu beachten, aus welchem Reichtum oder Einfachheit hervorgeht. Im Brückenbau ist bisher wohl eher der entgegengesetzte Fehler gemacht worden: zu wenig Schmuck. Ein paar Ornamente über einen grofsen Bau zerstreut, erwecken den Gedanken, als sei das Geld ausgegangen. An einem richtig verzierten Bauwerk wird der Beobachter aus dem Eindruck des Ganzen und der Verzierungen eine durchaus wohltuende Gesamtempfindung davontragen.

2. Verteilung des Schmuckes. Durch reichere Ausstattung können und dürfen immerhin einzelne Bauteile vor anderen hervorgehoben werden, damit ist kein Verstofs gegen harmonische Ausbildung des Ganzen begangen, sondern im Gegenteil das Organische desselben befördert. Entsprechend ihrer Bedeutung mag man die Flufsöffnungen einer langen Brücke reicher behandeln, als die Zufahrten auf trockenem Boden, Flügelmauern schlichter halten als den Hauptbau, grofse Mauerflächen als ihre Strebepfeiler. Ferner sind in der Regel schwer belastete, angestrengte Glieder weniger zu schmücken, als solche, welche nicht viel zu leisten haben; so werde der Sockel eines Pfeilers einfach gehalten gegen seinen Kopf oder Aufsatz, die Brückenträger gegen das Geländer. Teile, welche dem Gesicht näher liegen, sind wertvoller für die künstlerische Wirkung, als abgewendete, z. B. die Vorderseite eines Brückenpfeilers gegenüber seiner Leibungsfläche.

Andererseits dürfen derartige Unterschiede nicht übertrieben werden. Eine Bildsäule pafst in der Regel nicht direkt auf einen derben, ungegliederten Block, zierliches vergoldetes Blumenwerk nicht an eine sonst ungeschlachte Blechbrücke. So ist es auch nicht immer gelungen, zwischen der Architektur eines Portals und der Nacktheit eines anschliefsenden Überbaues das richtige Gleichgewicht zu finden; das erstere wurde bevorzugt, namentlich wenn es in Gufseisen wenig kostete, während für eine entsprechende Behandlung des letzteren wenig oder nichts geschah (Kehl, Königsberg). Der Versuchung, gufseiserne Bauteile reich zu verzieren, anschliefsendes Schmiedeisen dagegen nackt und roh zu lassen, ist schon mancher unterlegen, namentlich an Bahnhallen, Überführungen u. dergl.

3. Mafsstab der Kunstformen. Kleine Bauten sind anders zu behandeln als grofse, kleine Ornamente passen selbst in ihrer Anzahl vervielfacht nicht an grofse Konstruktionen, und umgekehrt. An Brückenbauten ist ein richtiger Mafsstab bei der Ausbildung der Kunstformen besonders deshalb schwierig und wichtig, weil zweierlei Standpunkte der Beobachtung in Frage kommen: der eine aufserhalb der Brücke für die Gesamtansicht, der andere auf der Brückenbahn für Tragwände, Geländer, Portale u. dgl. Dort meistens grofser Abstand, hier nahes Hinzutreten. Es gilt nun, mit künstlerischem Gefühl zu vermitteln, um die Deutlichkeit zu wahren.

Empfindlich verletzen unrichtige Gröfsenverhältnisse, wo der Vergleich zwischen zwei Gegenständen möglich ist, von denen der eine durch Veränderung des Mafsstabes aus dem anderen abgeleitet werden kann. Selbst wenn dasselbe Motiv unterliegt, so ist es geraten, dasselbe entsprechend verschieden zu benutzen, z. B. an den Säulen,

welche als Schmuck eines grofsen Pfeilers, und an denjenigen, welche in einem durchbrochenen Geländer vorkommen mögen. Sofern dieses befolgt, d. h. mehr der Grundgedanke im allgemeinen, als ein verkleinertes Modell benutzt wird, entsteht eine bedeutsame Harmonie, weil das kleinere Schmuckwerk immer wieder die Erinnerung an Hauptteile wachruft. In der Tat haben sich die meisten Baustile der Hauptformen auch zur Ornamentik bedient, z. B. die Kragsteine in Taf. VII, Abb. 2 u. 21. Wollte man diese statische Betrachtung bei eigentlichen Ornamenten nicht so erheblich finden, so tritt dafür bei solchen um so mehr die Beziehung zum Bauzweck hervor. Man erinnere sich, dafs Bauwerke, auch die kolossalsten, von und für Menschen hergestellt werden, und berücksichtige bei dem Mafsstabe für Bildsäulen, für tierische und pflanzliche Gestalten die gewohnte Naturgröfse, sowie bei demjenigen für Gegenstände des unmittelbaren menschlichen Gebrauchs, als Geländer, Türen, die Gröfse des Menschen selbst. Der Mafsstab eines bekannten Blattes z. B. dient unwillkürlich zur Schätzung der Gröfse des ganzen Bauwerks. Der Eindruck übertrieben grofser Kunstformen ist nicht derjenige geistiger Gröfse, sondern blofs einer materiellen Riesenhaftigkeit, an welcher Anmut und zarte Ausbildung verloren gegangen sind.

4. Auswahl der Kunstformen. Nach dem oben Erwähnten soll die Kunstform eine richtige und ungesuchte Erinnerung an die struktive Aufgabe eines Bauteils geben. Der Zusammenhang kann ein näherer oder entfernterer sein, sich entweder in Form und Eindruck der Konstruktion unmittelbar anschliefsen, oder freier das letzte „Ausatmen“ des statischen Widerstandes andeuten. Beispiele des Gegenteils, d. h. der Täuschung oder Spielerei, statt der konstruktiven Wahrheit, dürften hier am lehrreichsten sein. So sieht man an alten gedeckten Brücken die hölzernen „Hängesäulen“ wirklich als tragende Säulen mit Sockel und Kopf ausgebildet, während ihre Hauptwirksamkeit doch umgekehrt auf Zugfestigkeit beruht. Verkehrt ist es ferner, eine Stützmauer als steinernen Teppich, mittels netzförmigen Mauerverbandes u. dergl. zu charakterisieren, denn erstere hat Seitendruck auszuhalten, letzterer ist eine indifferente Wand. Auch die Einschaltung von Pilastern, zwischen welchen jeweils ein umsäumter Teppich eingespannt erscheint, würde die Sache noch nicht verbessern, weil dieselben nur auf senkrechte Belastung eingerichtet sind. Zu den verkehrt gewählten Kunstformen gehören manche Beispiele aus der Spätrenaissance, z. B. Gewölbeschlufssteine in der Mitte wagerechter Überdeckungen, Giebel, deren Spitze durchbrochen oder deren Grundlinie kürzer ist, als der damit bedeckte Architrav u. a. m. Dafs dergleichen in früheren Jahrhunderten vorgekommen, rechtfertigt unseres Erachtens nicht die gedankenlose Nachahmung, deren sich heutige Architekten leider oft schuldig machen.

5. Stilisierung. Der Endzweck der Kunst besteht nicht darin, Formen aus der Natur oder aus der Webe-Technik aufs genaueste nachzuahmen, sondern die Ähnlichkeit zwischen den statischen Funktionen in der Natur und am Baugegenstand wiederzugeben. Jenes Verfahren, die möglichst unveränderte Nachahmung der natürlichen Gebilde oder der Naturalismus, verbietet sich wenigstens im Bauwesen schon durch die Rücksichten auf Ausführbarkeit in den gebräuchlichen Baustoffen und durch die meistens erforderliche Vergröfserung der Abmessungen. Mittels geeigneter Stilisierung soll vielmehr vor allem der Einfluss aller der mannigfaltigen und unregelmäfsigen Nebenumstände auf die Naturentwickelung eines Blattes u. dergl. beseitigt werden, aber auch an der gewonnenen botanischen Grundform gebührt sich das Hervorheben der wesentlich aufbauenden Elemente, die Umgestaltung im Sinn einer gröfseren Derbheit behufs Aus-

führbarkeit in Stein, Holz u. s. w., das Weglassen von Einzelformen bei Veränderung des Maſsstabes, kurz eine freie Wiedergabe des Naturerzeugnisses zur Kunstform. Wie weit die Stilisierung im einzelnen Falle zu gehen hat, hängt ab von Gröſse und Ort der beabsichtigten Kunstform, von Material und Eigenart des ganzen Bauwerks. Jedes Zeitalter stilisierte ferner nach der ihm eigentümlichen Art der Naturauffassung, und es muſsten daher die Formen der Baustile in jedem Zeitraum verschieden ausfallen, obgleich die Vorbilder in der Natur und die konstruktiven Grundgedanken der Bauteile dieselben geblieben waren. Mit Bezug auf Pflanzen sei insbesondere erinnert an die strenge Stilisierung in der Antike, an das liebevolle Anschmiegen in der Gotik, an die zuchtlosen Anwendungen im Rokoko.

Um ein Beispiel aus dem Ingenieurwesen zu erörtern, so liegt die Versuchung zum Naturalismus besonders bei den gewaltigen Steinkonstruktionen nahe, welche aus natürlichen Blöcken, vielleicht in unmittelbarem Anschluſs an Felsenpartien, errichtet werden, wie Tunnelportale, Stützmauern, groteske Brücken. Derartige Mauerkörper werden mit Vorliebe (und meistens auch zu wirtschaftlichem Vorteil) im Zyklopen- oder Mosaikverband hergestellt, oder doch mit rauher Bossierung, und es ist dies Verfahren gewöhnlich sehr bezeichnend für das Werk und seine Umgebung. Man ist aber zuweilen mit der Rauhigkeit soweit gegangen, daſs Kanten und Flügelabdeckungen keine stetigen Linien und Flächen mehr bilden, Kragsteine, Gesimse und Brüstungen absichtlich unregelmäſsig behauen und versetzt wurden, so daſs es überhaupt Mühe kostet, die Hauptlinien vor lauter Vorsprüngen und Krümmungen zu erkennen. Dies streift unseres Erachtens an das Gebiet des Naturalismus. Die Anwendung des Zyklopenverbandes sollte sich vielmehr auf einfache ungegliederte Flächen beschränken, und das ästhetische Gleichgewicht an etwaigen einfassenden und krönenden Bauteilen durch architektonisch geregelte Formen zustande gebracht werden. Nur müssen die letzteren so kräftig behandelt werden, daſs sie die plumpen Massen neben oder unter ihnen beherrschen. Sonst käme es zu dem lächerlichen Eindruck jener barocken Säulen, deren Schaft aus rohbossierten Trommeln gleichsam einen Pelzrock bildet, aus welchem oben und unten ein zierlicher Kopf und Fuſs herausschauen.

§ 5. Einfluſs des Baustoffes. Indem es Aufgabe der Kunst ist, das Gleichgewicht zwischen Kraft und Last, zwischen Schwere und Festigkeit zu vergeistigen, sollte dabei auf die groſse Verschiedenheit dieses Gleichgewichts in den verschiedenen Baustoffen Rücksicht genommen werden. Dieselben zeigen sowohl mannigfaltige Gewichte, als mannigfaltige Arten und Grade der Widerstandsfähigkeit. Deshalb ist es nicht bloſs technisch, sondern auch künstlerisch etwas ganz anderes, einem steinernen Pfeiler die Kunstform zu geben, bei welchem die Wucht der Masse ihrer Tragfähigkeit vorangeht, als einer eisernen Stütze, wo umgekehrt die Kraft des Widerstandes vorwaltet und das Eigengewicht fast verschwindet. Wie der Techniker mit dem sogenannten „konstruktiven Gefühl“ entwirft, wenn ihm eine Rechnung zu umständlich dünkt, so sollte auch der Künstler im Geiste des Baustoffs empfinden lernen, um diesem Geiste eine entsprechende körperliche Gestalt geben zu können — am besten, wenn beides in einer Person zusammengeht.

Indessen darf aus dem Vorstehenden nicht gefolgert werden, daſs durch den Stoff Schranken in der freien Auswahl von Kunstformen (§ 4, 4.) gezogen werden. In jedem Baustoff kann durch dasselbe Symbol das gleiche statische Leben versinnlicht werden: Säule bleibt Säule, ob aus Stein, Holz oder Eisen hergestellt und die benutzten

Beigaben: Pflanzenstengel, Blätter, umgelegte Bänder können stets dieselben sein. Geht man aber nun an die wirkliche Übertragung der gewählten Kunstform auf den Bau, so wird sogleich der Stoff des letzteren einwirken. Es beginnt die Aufgabe einer schärferen Charakteristik, wo man sich auch um Zahl und Mafs, nicht blofs um Art und Richtung der konstruktiven Aufgabe zu kümmern hat. Dies geschieht durch verschiedenartige Stilisierung des Symbols. An einer steinernen Säule werden Schaftfurchen, Kapitälblätter u. s. w. in anderer Gröfse, Ausladung und Formbehandlung angebracht, als an einer solchen von Gufseisen, nicht nur wegen der technischen Ausführbarkeit, sondern auch um die Eigentümlichkeit des Materials zu charakterisieren. Denn die physikalischen und technischen Eigenschaften des Stoffes können unmöglich zur abstrakten Darstellung kommen, sondern nur als bestimmte Eigenschaften des jedesmaligen Baustoffs. Es gibt keine absolute Standsicherheit, kein ideales Gleichgewicht zwischen Kraft und Last, welches etwa an einem Urstoff das Grundbeispiel für alle Stoffe abgäbe, sondern Gröfse und Bedeutung der Kräfte sind ganz unzertrennlich von der Vorstellung eines bestimmten Baustoffes. Sucht man doch beim Anblick eines Bauwerks unwillkürlich aus Formen und Verhältnissen auf den Baustoff zu schliefsen, auch wenn dieses nicht in seiner Naturfarbe und Naturwüchsigkeit erscheint.

Der zweite Einfluſs des Baustoffes auf die Formbildung beruht auf der Füglichkeit, es in mannigfaltiger Weise zu bearbeiten. Innerhalb der Grenzen handwerklicher Ausführbarkeit sind zahlreiche Unterschiede in der Erscheinung eines und desselben Stoffes möglich; und so läfst sich für jeden derselben eine Gruppe von Formen und Formgrenzen aufstellen, welche ihm eigentümlich angehört und ihn überall erkenntlich macht. Man spricht daher von Quader-, Backstein-, Holz-, Eisen-Architektur. Mit Hilfe der innerhalb einer solchen Formengruppe liegenden Abänderungen kann die allgemeine Eigenart eines Bauwerkes unterstützt, die besondere Bestimmung einzelner Teile verdeutlicht werden.

Insbesondere möge der künstlerische Eindruck des Mauerverbandes und der Fugenbehandlung etwas näher erörtert werden. Wo die Fugen möglichst fein und die Steine möglichst glatt gehalten werden, erscheint das Mauerwerk als eine Wand, bezw. ein Block. In der Regel ist es aber bei starker Belastung und beträchtlichen Abmessungen gerade umgekehrt erfreulich, die Konstruktion im einzelnen zu erkennen und einen Eindruck davon zu gewinnen, wie der beseelt gedachte Stein seine Aufgabe des Tragens erfüllt: kraftvoll oder niedergedrückt, frei oder gezwungen u. dergl. Soweit die Wahl der Steingröfse nicht durch praktische Rücksichten (Steinbrüche, Transportmittel) beschränkt wird, ist vor allem auf das Verhältnis der beiden Sehwinkel zu achten, unter welchen gleichzeitig der einzelne Stein und der ganze Mauerkörper beobachtet wird. Für einen und denselben Sehwinkel der Gesamtfläche gibt es eine gewisse Teilung, bei welcher der höchste Grad von idealer Gröfse erreicht wird. Weicht man von diesem Mittelverhältnis ab, so wird das Ganze unbedeutender; denn eine Vergröfserung macht den einzelnen Stein plump, und man urteilt, dafs zum Aufeinanderlegen nicht viel Kunst verwendet sei, eine Verkleinerung dagegen raubt den einzelnen Steinen ihre Selbständigkeit. Sowohl die Zyklopenmauern, als der Göltzschtal-Viadukt (in Backsteinmauerwerk) erscheinen kleiner, als sie wirklich sind. Bei welcher Steinteilung nun die beste ästhetische Wirkung erreicht wird, ist durch Versuche zu entscheiden, aber auch noch mit einigen anderen Rücksichten zu verbinden. Namentlich liegt gar nicht immer die Absicht vor, architektonische Gröfse zu erzielen, indem der Steinbau etwa mit Rücksicht auf Holz- und Eisenkonstruktionen mehr zierlich als

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Abb 1a.

Abb. 1. Inn-Brucke bei Königswart. M. 0,0025 (1:400).

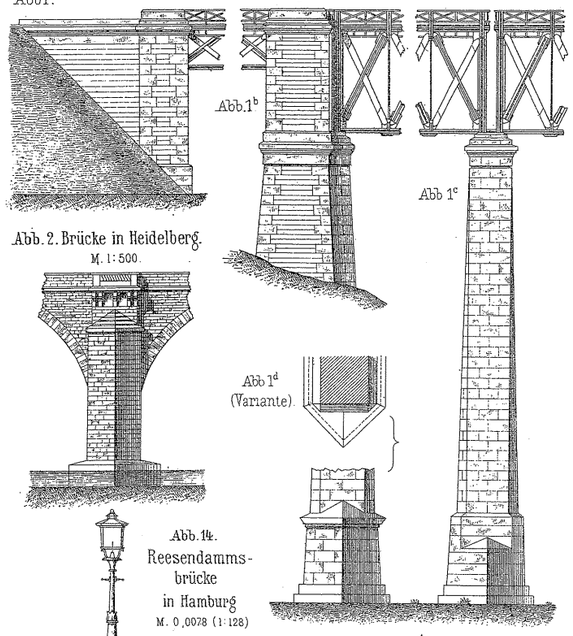


Abb. 2. Brücke in Heidelberg.
M. 1:500.

Abb. 14.
Reesendamms-
brücke
in Hamburg
M. 0,0078 (1:128)

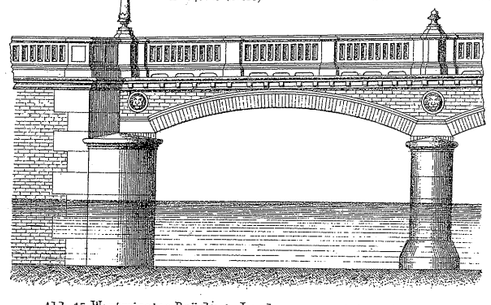


Abb. 15. Westminster Brücke in London. M. 0,0017 (1:600).

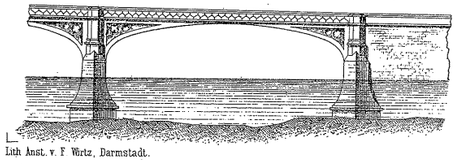


Abb. 3. Durchfahrt b. Freiburg i. B. M. 1:100.

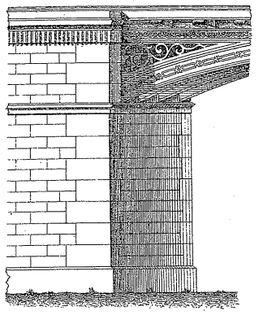


Abb. 4. Viadukt von Schildesche.
1:250.

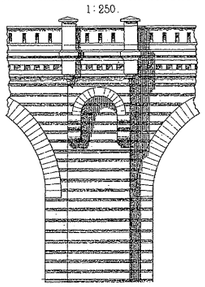


Abb. 5. Nydeck-Brücke in Bern. M. 0,002 (1:500).

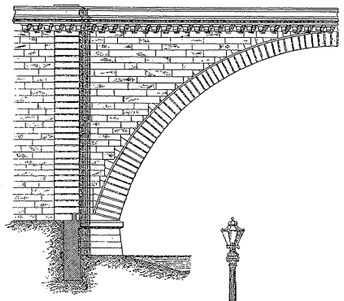


Abb. 6. Neckarbrücke bei Neckarelz.

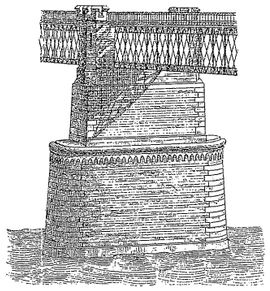


Abb. 7. Viadukt bei Chaumont.

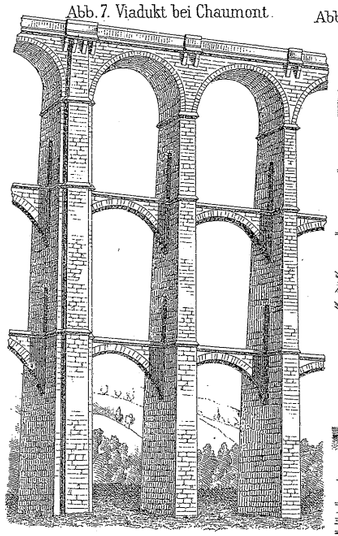


Abb. 8. Washington - Brücke
in New York. 1:700.

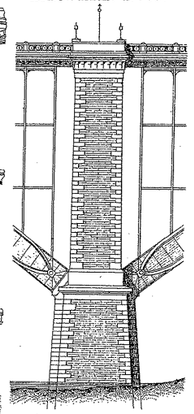


Abb. 9. Wandrahmsbrücke in Hamburg. M. 0,007 (1:144).

Abb. 10. Brücke bei Grünental über den
Nord - Ostsee - Kanal. 1:1300

Abb. 11. Blackfriars - Brücke
in London. 1:600

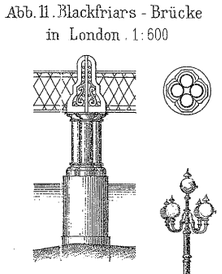


Abb. 12. Viadukt bei Friedberg.
M. 0,002 (1:500).

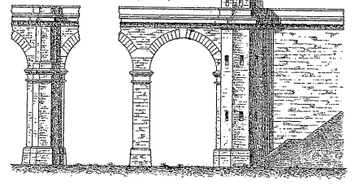


Abb. 13. London - Brücke.
1:500.

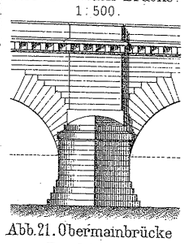


Abb. 16. Viadukt v. Heilgenborn in Sachsen. M. 0,0017 (1:576).

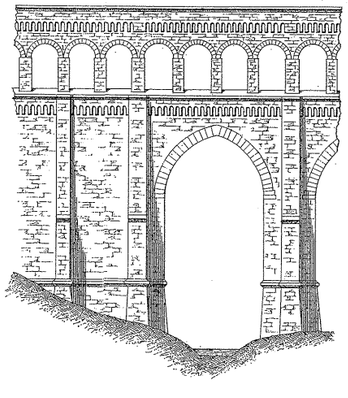


Abb. 17.
Zschopau Viadukt in Sachsen.
M 1:576.

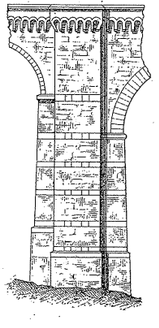


Abb. 18. Rheinbrücke in Constanz.

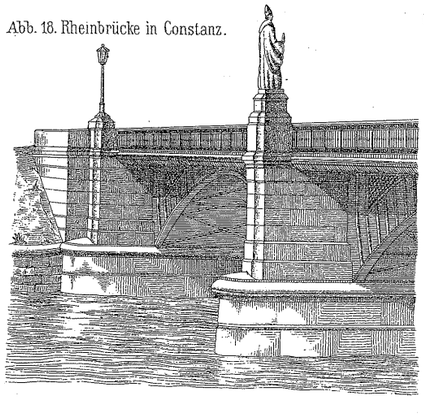


Abb. 19. Lombardsbrücke.
in Hamburg.

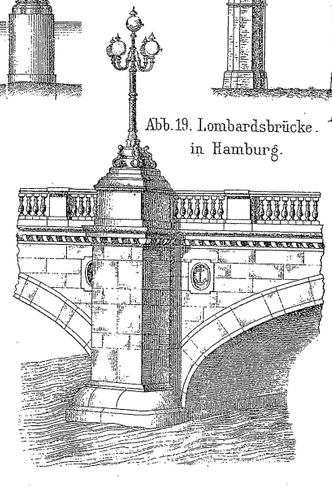


Abb. 20. Viadukt über das Fleurythal.
M. 0,002 (1:500)

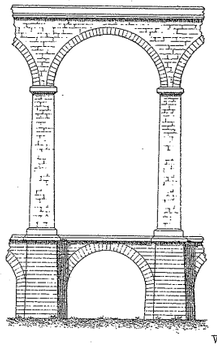
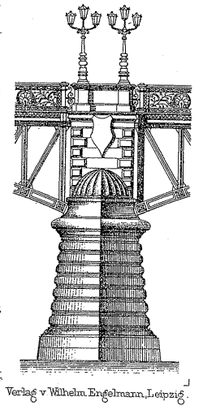


Abb. 21. Obermainbrücke
zu Frankfurt. 1:225.



Lith Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Abb. 1. Rheinbrücke zu Bonn. 1 : 400.

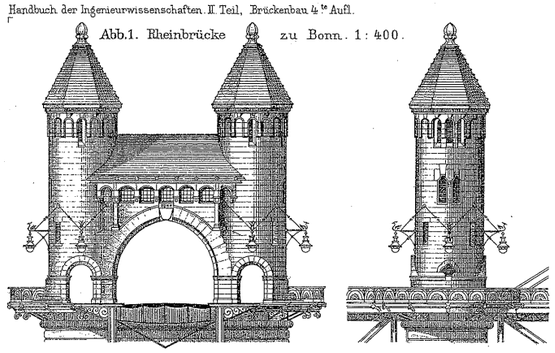


Abb. 2. Brücke im Elbpark zu Hamburg.

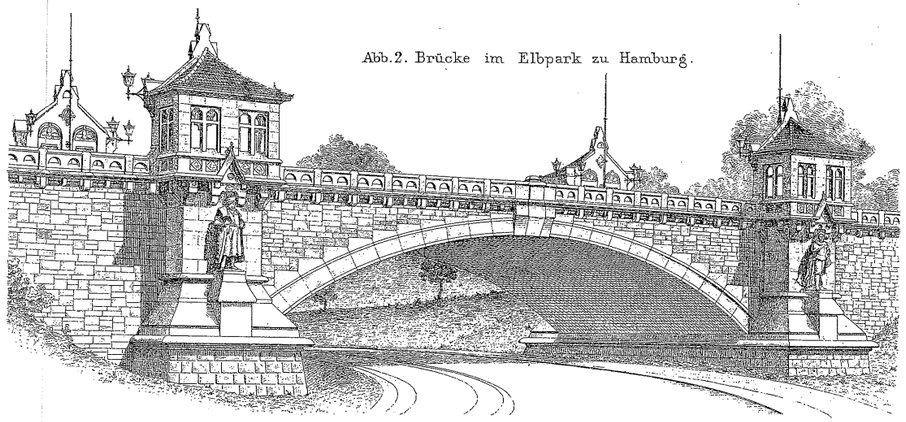


Abb. 3 a b. Landpfeiler der Strafsenbrücke bei Worms.

Abb. 3a. rechtes Ufer.

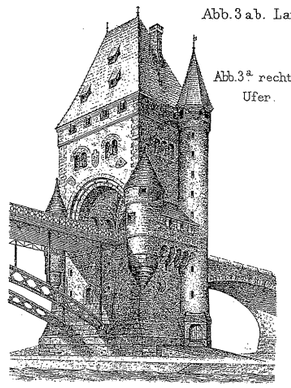


Abb. 3b. linkes Ufer.

Abb. 4. Brücke über die Grofse Weser in Bremen.

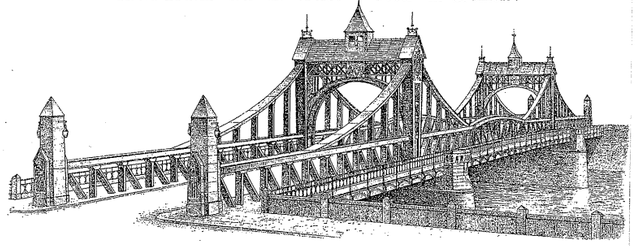


Abb. 5. Rheinbrücke zu Bonn. 1:3000.

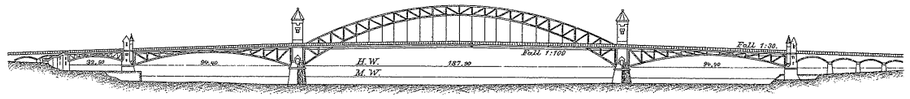


Abb. 6. Moabiter Brücke in Berlin.

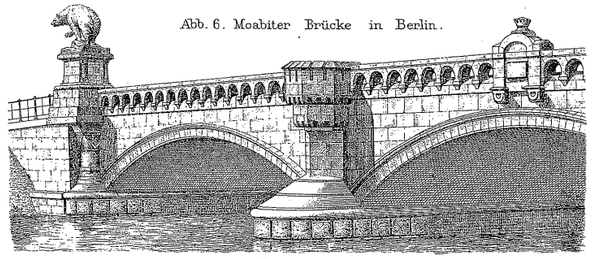


Abb. 10. Mühlensteg in Berlin.

Abb. 11. Entwurf zum Wettbewerb für Harburg.

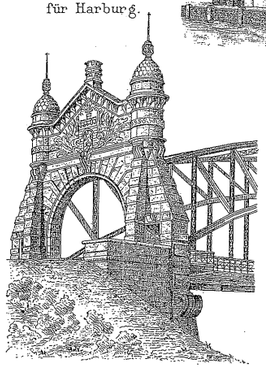


Abb. 7. Entwurf zum Wettbewerb für Worms.

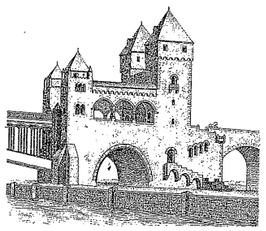


Abb. 8. Entwurf zum Wettbewerb für Budapest.

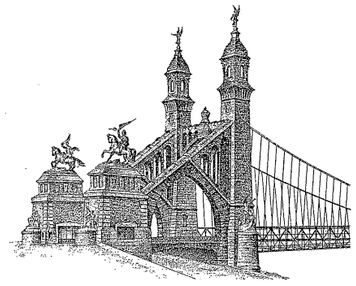


Abb. 9. Eisenbahnbrücken in Wien. 1:200.

Donau. Donaukanal.

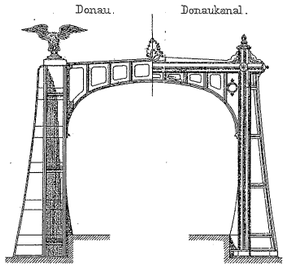


Abb. 12. Luitpoldbrücke in Würzburg.

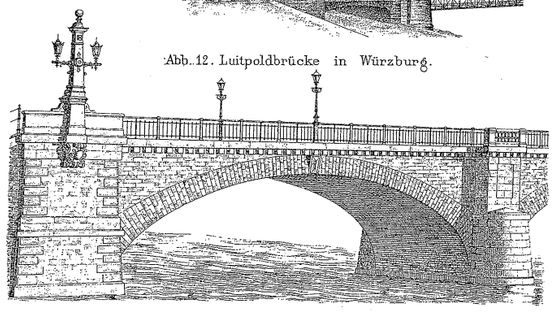


Abb. 13. Neuere Eisenbahnbrücke bei Coblenz.

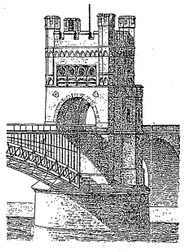


Abb. 14. König-Karl-Brücke bei Cannstadt.

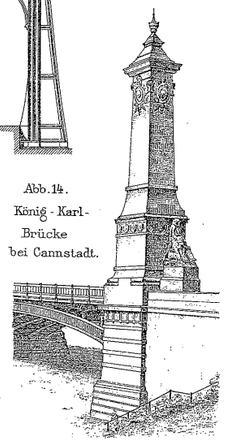


Abb. 15. Schillingsbrücke in Berlin.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

wuchtig ausfallen soll, sowie andererseits das Riesige einzelner Steine an Fundamenten, Auflagerstellen geeigneter sein kann, als eine Hebung des Ganzen.

Im Polygonverband (z. B. Taf. VII, Abb. 4 und Bd. 1, Taf. VIII, Abb. 6 u. 16) wirkt die Fläche eines Steines als Ganzes und allseitig gleich, im Schichtenverband ist aufser der Flächengröfse auch das Verhältnis zwischen Breite und Höhe des Hauptes in Betracht zu ziehen. Wird die Breite übertrieben, oder gar eine ganze Schicht mittels Unterdrückung der Stofsfugen zu einer einzigen Platte gemacht, so erscheint das Mauerwerk zerbrechlich oder zusammengequetscht.[11]) Wo man die Arbeit eines ansehnlichen Mauerkörpers darstellen will, müssen Läufer und Binder angewandt, und deren Breiten deutlich unterschieden werden. Je mehr Binder, desto öfter wird das Auge an die Tiefe oder Dicke der Mauer erinnert; einem Verband aus lauter Bindern (mit ungefähr quadratischen Häuptern) fehlt aber der Gegensatz. Die gröfste Wucht dürfte durch gleiche Anzahl von Läufern und Bindern erreicht werden (gotischer Verband). Netzverband, Ährenverband u. dergl., kurz schräge Richtung der Fugen ist in konstruktiver Beziehung unkräftig, da dieselben Steine recht wohl in wagerechten Schichten, und damit sicher liegen könnten. Solches pafst daher hauptsächlich nur für statisch nicht beanspruchte Wände. Doch erscheinen auch gewisse Belastungen zulässig, ähnlich wie beim Polygonverband. Beiderlei Gattungen bedürfen jedenfalls einen Halt gegen Ausrutschen durch genügende Eckbefestigungen, Lisenen u. dergl. aus Schichtensteinen.

Weiter ist auf den Farbenwechsel aufmerksam zu machen.[12]) Im allgemeinen ist ein solcher bei Mauerwerk um so weniger ratsam, je ernster und kraftvoller ein Werk dastehen soll. Man kann durch Farben entweder eine Anzahl von regelmäfsig verteilten Punkten (etwa Binderhäupter), oder wagerechte Streifen, oder ein Gitternetz hervorheben. Die wagerechten Streifen, welche wohl am häufigsten vorkommen, lassen sich nach zwei Arten anordnen. Die erste besteht in verhältnismäfsig schmalen Linien, welche nach je mehreren Schichten wiederkehren; sie gibt gleichsam den Schichtenverband in vergröfsertem Mafsstabe auf eine Entfernung, wo die einzelnen Schichten nicht mehr sichtbar sind (besonders bei Backsteinen), und nur noch die dunkler gefärbten Streifen als hervorgehobene Fugen erscheinen. Hiernach wären Höhe, Abstand und Farbe der Streifen zu wählen. Insbesondere sollen dieselben zahlreich genug eingelegt werden, um sie nicht mehr einzeln zu zählen, sondern einen Gesamteindruck zu erhalten (vergl. Abb. 23 *a*), andererseits aber auch nicht so nahe, dafs die Mauerfläche wie schraffiert aussieht (Taf. IX, Abb. 4).

Die zweite Art der Mehrfarbigkeit mit wagerechten Streifen besteht in der einfachen Abwechselung zweier verschieden gefärbter Schichten. Die beiden Farben sind entweder vollkommen gleichberechtigt (Abb. 28), oder es wechseln niedrige dunkle und hohe helle Schichten, aber jedenfalls als selbständige volle Steinschichten (Gewölbe in Taf. IX, Abb. 19). Diese werden nun durch den Farbenunterschied auf gröfsere Entfernung deutlicher, als durch blofse Fugen zwischen ihnen, ja stark betonte Fugen könnten sogar unruhig machen und stören.

---

[11]) Damit ist nicht ausgeschlossen, dafs ausnahmsweise ein ästhetisch einheitlicher und kräftiger Quader, z. B. ein Gewölbestein von erheblicher Höhe, faktisch aus 2 Stücken besteht, welche mit feinster Stofsfuge zusammenstofsen.

[12]) Ähnlich wie ein Wechsel der Farben wirkt ein Wechsel in der Bearbeitung der Steinflächen. Häufig ist beides vereinigt. Im folgenden ist der Einfachheit wegen nur die „Farbe“ genannt, aber neben ihr stets auch an die Bearbeitungsweise zu denken.

Der Farbenwechsel ist in der Regel auf ungeteilte Mauerflächen zu beschränken. Wenn er sich auf Vorsprünge, Einrahmungen u. s. w. ausdehnt, so herrscht er leicht ungebührlich über die geometrischen Formen mit ihrem Licht und Schatten: das Ganze erscheint mehr als Vorhang von gestreiftem Zeug, denn als monumentaler Bau. Nur kleinere Elemente, als Abkantungen, Lisenen mögen etwa in die Farbenstreifen einbezogen werden, weil sie kein selbständiges Dasein besitzen.

Was ferner die Behandlung der Steinflächen und Fugen betrifft, so gestatten ja Backsteine keine grofse Mannigfaltigkeit; dagegen ist es an Hausteinen möglich, durch die Arbeit des Steinhauers sehr verschieden zu charakterisieren. Es gibt dabei dreierlei Stufenfolgen, nämlich mittels Betonung der Fugen, Bearbeitung der Steinflächen, Gliederung der Ränder. Erstlich können die Fugen mehr oder weniger tief und breit gewählt werden. Dadurch erhält man den Eindruck hohen Widerstandes gegen Pressungen, abnehmend bis zu leichter Tragkraft, welche entweder nicht beträchtlich zu sein braucht oder es in sichtlicher Schwäche nicht kann. Hervorgehobene Fugen und Bossen geben einen kraftvollen Charakter, doch ist die Anschwellung andererseits nicht bis zu polsterartigem Zerquetschen zu treiben. Die Einfassung eines Quaders mit Fugen sei nach allen Seiten die gleiche und der eingerahmten bossierten Fläche an Breite untergeordnet; es ist unstatthaft, zwischen breit ausgebildeten Fugen geringe Überbleibsel des Steines einzuschliefsen. Eine zweite Stufenreihe entsteht durch die Art der Bearbeitung der Fläche, von der natürlichen unregelmäfsigen Rauhigkeit des Stoffes durch die verschiedenen Verfahren von Spitzen, Stocken, Scharrieren bis zur äufserst erreichbaren Glätte. Man bezieht dieses sofort auf die Reihenfolge von Derbheit bis Eleganz. Die dritte Stufenfolge an der Aufsenfläche von Quadermauerwerk beruht auf der Gliederung der Steinränder. Mehr oder weniger zahlreiche, feine und mannigfaltig geformte Streifen setzen die Einfassung zusammen, und erzeugen den Eindruck von prunkvollem Reichtum bis zu dürftiger Einfachheit. Wie die drei angeführten Stufenreihen zusammentreten, und dadurch einheitliche ästhetische Wirkungen entstehen, braucht kaum näher auseinandergesetzt und nur noch betont zu werden, dafs schon die Beschaffenheit des Baustoffs oft eine gewisse Eigenart bedingt. Während Sandsteine sich in der Regel jeder Bearbeitung anpassen lassen, eignen sich Basaltlava und Grobkalk nur zu rauhem Schaffen, Granite nur unter Aufwendung grofser Kosten zu glatter Behandlung.

Um von einem Einflufs der handwerklichen Technik auf die Kunstform Gewinn zu ziehen, mufs selbstverständlich der Baustoff wirklich als das, was er ist, erscheinen. Die Hauptteile wie die kleinsten Verzierungen sollen den technischen Bedingungen der Stoffbehandlung nicht nur nicht widersprechen, sondern dieselben geradezu als Kunstgedanken benutzen. Insoweit die Baustoffe unter sich verwandte Eigenschaften besitzen, werden natürlich die Züge ihrer Formbildung ähnlich ausfallen. Wo aber gleichzeitig wesentliche Unterschiede der Eigenschaften auftreten, wäre es ein künstlerisches Armutszeugnis, die Formen eines Stoffes in einem anderen ohne weiteres nachzubilden. So wird man z. B. Pfeiler aus Haustein und Backstein in den Hauptformen übereinstimmend machen, weil das Verhältnis zwischen Gewicht und Druckfestigkeit ziemlich dasselbe ist, aber in den Einzelheiten die Unterschiede der Zubereitung zu beachten haben. Ein steinernes Ornament in Blech oder Holz auszuführen, wo Tragfähigkeit, Arbeitsprozefs, Gewicht ganz verschieden sind, ist mit sorgfältiger künstlerischer Behandlung des Stoffes unvereinbar. Ebenso entspricht z. B. der Drechslerstil von sogenannten Geländerdocken wohl der Ausführung in Holz, aber derartige kleine Umdrehungskörper

mit vielen Ausschweifungen und Einkehlungen in Haustein zu erzeugen, wo keine Drehbank zu Gebote steht, ist in der Regel unbequem und deshalb höchstens bei solchen Steinarten stoffgerecht, welche sich wie das Holz auf der Drehbank bearbeiten lassen. Wenn zwar die heutige Industrie mit ihren verfeinerten Hilfsmitteln am Ende jeden Stoff in alle denkbaren Formen zwängen kann, so ist es doch unseres Erachtens ein Mifsbrauch dieses technischen Fortschrittes, die eigenartigen Züge des Stoffes zu verwischen, statt hervorzuheben. Technische Kunststücke sind nicht mehr schön, denn zur Schönheit gehört Mafshalten. Lehrreich sind in dieser Beziehung manche Ausartungen der Spätgotik, wo der Steinhauer Formen schuf, welche eher an Gufseisen erinnern. Wo eine Form durch ganz besondere Mühe, gewaltsame Behandlung erzeugt wird, erinnert sie nicht mehr an die allgemein bekannte Eigentümlichkeit des Stoffes und erregt wohl gar Zweifel an der Haltbarkeit, welche eine erfreuliche Gefühlswirkung stören.

Die Forderung der Harmonie im ganzen Bauwerk wird am sichersten befriedigt, wenn nur ein einziger Baustoff zur Verwendung kommt. Grofse Unterschiede im statischen Gleichgewicht, oder in der technischen Bearbeitung an einzelnen Bauteilen, falls dieselben aus verschiedenartigen Baustoffen bestehen, zwingen den Beschauer, den Mafsstab zu wechseln, mit welchem er die wirkliche und vergleichsweise Gröfse der Kräfte mifst. Er kommt daher erst mühsam, vielleicht niemals, zu einem harmonischen Gesamteindruck. Eine ganz aus Quadern erbaute Brücke, eine Talbrücke mit eisernem Unter- und Überbau ist leichter als organisches Ganzes darzustellen und nachzufühlen, als Gitterwerk auf Steinpfeilern, Backsteingewölbe zwischen eisernen Trägern, Ornamente aus anderem Stoff als die Hauptglieder. Trotzdem mufs in gemischten Bauten die Anpassung von Stein und Eisen nach Möglichkeit versucht werden. Sie gelingt aber nicht sowohl dadurch, dafs dem Eisen Stilformen aus der Steinarchitektur angelegt werden, sondern in erster Linie durch Ausbildung der Baukonstruktion nach den in § 3 bis 5 erörterten Grundsätzen, so dafs die statischen Kräfte in beiden Teilen künstlerisch hervorgehoben werden und in gegenseitigen Zusammenhang treten.

Auf keinen Fall darf das Bestreben nach einheitlicher Wirkung eines Bauwerkes zum Verstecken oder zum Beiseitelassen gewisser Bauteile führen. So hat man wohl behufs vermeintlich vornehmen Aussehens alle Eisenbeschläge an Holzkonstruktionen eingelassen und mit gleicher Farbe angestrichen, so dafs nun Brückenhölzer ohne Schraubenbolzen zusammenzuhalten scheinen. Das geht eben, solange die Konstruktion neu ist. Bald aber schimmert das Eisen durch und beweist die Ungeschicklichkeit des Entwerfenden, diese Bestandteile mit in den Bereich künstlerischer Ausbildung zu ziehen. Das gleiche Urteil gilt auch jenen Bogenstellungen im Hochbau, deren Seitenschub durch eiserne Zugstangen aufgehoben werden mufs, weil die unterstützenden Säulen zu diesem Zweck nicht kräftig genug sind; statt nun jene sehr wesentlichen Stangen architektonisch auszubilden, wurden sie vielfach nicht beachtet und nackt wie dünne Fäden durchgezogen. Wer das nicht als einen künstlerischen Mangel empfindet, der setzt einen mifsglückten Schein des Wunderbaren an Stelle der konstruktiven Wahrheit und verzichtet auf die volle Lösung einer wesentlichen Aufgabe der Architektur (§ 3).

Ebensowenig ist die Täuschung zu billigen, vornehmes Material in anderem Baustoff nachzuahmen. Statt ein Betongewölbe mittels eingepreifster Fugen zu einem Quadergewölbe zu machen, wie es leider gebräuchlich geworden (Bd. 1, Taf. VIII, Abb. 16), lasse man jenes der Wahrheit gemäfs glatt oder verziere es auf eine ihm angemessene Art. Auch Verputz soll, wenn er überhaupt durch den Schutz für Mauerwerk gerechtfertigt ist, keine falschen Fugen erhalten.

§ 6. Färbung der Bauten. Dafs an Bauwerken so gut, wie an sonstigen Gegenständen der sichtbaren Welt, die Farbe einen Eindruck macht, vermöge dessen das Gefühl in irgend einer Richtung wachgerufen wird, ist bekannt. Diese ästhetische Wirkung kann, noch ohne Bezug auf Beschaffenheit oder Form des Baustoffs, zu bedeutenden architektonischen Zwecken ausgenutzt werden. Viel weniger als bei anderen Kunstmitteln läfst sich aber diese Wirkung erklären, indem die Optik noch lange nicht jene Unterstützung gewährt, wie die Statik bei der Wahl der Formen. Indessen wollen wir versuchen, Einiges zur praktischen Ästhetik hier auszusprechen, indem gerade im Brückenbau beträchtliche Flächen mit ihrer eigenen Färbung und mit ihrer Beziehung zur umgebenden Landschaft auftreten.

Die Grundregel über den Zusammenhang zwischen Farbe und Form an einem Bauwerk heifst einfach: Farbe und Form sollen in künstlerischer Wirkung übereinstimmen. Denn das Gegenteil, dafs die Farbe die der Form zugrunde liegende Kunstidee verdecken, verwirren oder aufheben solle, käme einer Zerstörung des eigenen Werkes durch den Künstler gleich. Die Farbe steht demnach auf gleicher Stufe mit der Verzierung. Wie letztere das Werk eines Überschusses der Kräfte zu sein scheint, dessen sich die Hauptglieder des Baues noch zu eindringlicherer Charakteristik bedienen, so möge die künstlerische Auffassung von Bauzweck und Konstruktion auch in der Färbung ausblühen. Aus diesem Grundgesetz ergeben sich folgende einzelne Regeln:

1. **Die Farbe soll den statischen Gegensätzen der Hauptteile des Bauwerkes entsprechen.** Wenn nicht der ganze Bau eine einzige Färbung erhält, so verwende man schwere Farben für Teile, welche bedeutende Lasten tragen oder selbst gewichtige Massen sind, leichte Farben für solche, welche nichts zu stützen haben und selbst ein verhältnismäfsig geringes Gewicht besitzen. So gefällt es an der Kölner Rheinbrücke, dafs die Pfeiler die schwere graue Farbe der Basaltlava haben, wogegen der Überbau einen leichten gelblichen Anstrich erhalten hat. An einer Pilasterstellung werden die stützenden Pfeiler und Architrave schwerer zu färben sein, als die dazwischen gespannten Wände, welche der Idee nach nicht tragen. Ferner nehme man lebhafte Farben für Gliederungen, welche das Wesen der Konstruktion hauptsächlich darstellen, und gedämpfte für Flächen von mehr passiver Haltung, z. B. rote Eckquader oder weifse Gurten an grauen oder neutralfarbigen Mauern.

Gleiche Farben für gleichwirkende Bauteile: doch ist auch wohlgeordnete Abwechselung in einer Reihe gleicher Elemente zulässig. Die Steine eines Gewölbes z. B. werden in der Regel als gleichartig tragende Stücke gleiche Farbe erhalten. Sie dürfen aber auch mit zwei Farben abwechselnd erscheinen, wenn sie klein und zahlreich genug gegen die ganze Stirnfläche sind, um einen Gesamteindruck durch optische Mischung beider Farben leicht zu gewinnen. Eine laufende Reihe von Verzierungen an einem Geländergesims, Fachwerk oder dergl. mag ebenfalls mit zweierlei Farben regelmäfsig abwechseln.

2. **Die Farbe soll den geometrischen Gegensätzen von vorn und hinten im Bauwerk entsprechen.** Bei mehrfarbiger Ausstattung eines Bauwerks können ganze kräftige Farben für vortretende Teile, gebrochene matte für zurückliegende Teile verwendet werden, um den geometrischen Gegensatz zu unterstützen, z. B. rote Strebepfeiler oder gelbliche Pilaster vor grünlichen oder grauen Mauerflächen, rote und blaue Kanten oder Einfassungslinien an einer holzfarbig angestrichenen Holzkonstruktion. An den Fach-

werksträgern eines württembergischen Eisenbahn-Viaduktes (Freudenstadt) wurden die äufseren Flächen rot, die inneren samt dem Querverband blau angestrichen, wodurch von aufsen gesehen die Grundform des Fachwerks aus dem Gewirre der inneren Eisenteile deutlicher hervortritt. Aber wenn so Vielfarbigkeit an Stelle der Form zu benutzen ist, so kann sie andererseits auch durch Übertreibung störend wirken. Es verhält sich hier mit der Farbe, wie mit körperlichen Verzierungen: man kann die Hauptsache, die Grundform, durch Verzierung heben, man kann aber auch von letzterer zu viel tun, wobei dann jene verdeckt und der Eindruck abgeschwächt wird.

3. Die Farbe soll in ihrer Gesamtwirkung am ganzen Bauwerk mit dem allgemeinen Charakter desselben übereinstimmen. Mannigfaltigkeit der Farben steigert den Reiz auf das Auge. Das bunte Farbenspiel kann daher zu weit gehen, wo es auf Ruhe, Erhabenheit und Ernst als Haupteindruck ankommt. Brücken, als öffentlichen, wichtigen Bauten, kommt gewöhnlich ruhige Würde zu. In der Regel wird sich daher die Mehrfarbigkeit auf Unterscheidung grofser Haupt- und Nebenmassen zu beschränken haben. Doch gibt es auch Fälle, wo eine prunkvolle Erscheinung beabsichtigt wird, z. B. an der Kaiser Wilhelm-Brücke in Berlin, wo die schwarzblauen Farben des Unterbaues mit dem roten Granit der Kandelaber, dem weifsen Marmor der Schlufssteingruppen und dem Metallglanz der Schmuckteile zusammenwirken, oder an der Oberbaum-Brücke daselbst (Bd. 1, Taf. XI, Abb. 1, 2, 5) in mehrfarbiger Backstein-Architektur. Ferner sollen sich zuweilen durch farbige Behandlung Zierlichkeit und Anmut an einzelnen Bauteilen (Geländern, Ornamenten) oder an ganzen Bauwerken (Hängebrücken, Holzkonstruktionen) ausprägen. So ist den Blechträgern der Schwabentor-Brücke in Freiburg i. B. ein laufendes Pflanzen-Ornament in bunten Farben aufgemalt worden (Abb. 43 in § 28).

Zieht man ferner für ein ganzes, namentlich für ein vorherrschend einfarbiges Bauwerk das Ergebnis seiner Gesamtstimmung, so mufs erwogen werden, ob dieselbe mit seinem ganzen Charakter in Einklang steht. Vorzüglich kommt dabei die Stufenfolge von kalt bis warm unter den Farben in Betracht. Ohne uns hier mit den feineren ästhetischen Unterschieden der Farben zu beschäftigen, genügt es zu bemerken, dafs die angeführten Bezeichnungen der Farben sofort auch den Eindruck auf den Beobachter wiedergeben. Es pafst also eine vorwaltend rote Färbung, wie z. B. der rote Sandstein der Heidelberger und Frankfurter Brücken zu behaglichen, freundlichen Bauwerken, weifses Baumaterial zu Aufgaben feierlichen und vornehmen Charakters u. s. w.

4. Die Farbe soll mit Bezug auf die umgebende Landschaft gewählt werden. So gut wie die Formgebung eines Bauwerks seine Umgebung zu berücksichtigen hat (§ 2), so mufs man dies auch bei der Farbengebung fordern. Es kommt dabei vorzüglich auf die Gröfse des Bauwerks im Vergleich zu dem gleichzeitig übersehbaren Bezirk der Umgebung an. Ist jenes klein, so wäre ein schicklicher Gegensatz (Komplement) der Farbe geeignet, es loszulösen, seinen Eindruck zu steigern. So dürften sich im dunklen Schwarzwald die roten Sandstein-Quader und grauen Granit-Bruchsteine der Gutachbrücke (Abb. 1) erfreulich hervorheben. Nimmt dagegen das Bauwerk einen grofsen Flächeninhalt des ganzen Bildes ein, so ist es selbständig genug, um nach eigenem Charakter die Farbe zu wählen; die bedeutende Form sorgt schon, dafs es nicht durch die Landschaft herabgedrückt wird. Die Dirschauer Brücke blieb im roten Menniganstrich stehen, während man in der städtischen Umgebung von Köln dem Überbau gelbliche Färbung erteilt hat.

5. Ein Farbenanstrich soll in der Regel dem damit bedeckten Baustoff entsprechen. Farbe entsteht im Bauwesen entweder durch die natürliche Färbung des Baustoffes, oder durch einen den letzteren bedeckenden Überzug. An den Werken des Ingenieurwesens hat man schon aus technischen Rücksichten von jeher Überzüge aus Farbe oder Verputz auf Steinkonstruktionen zu vermeiden gesucht. Die Nähe der Erdfeuchtigkeit, Wasserangriffe und Ausdünstungen, der Einfluſs von Erschütterungen, groſse Schwierigkeit der Ausbesserungen veranlassen das Streben nach Monumentalität, welche ja auſserdem in ästhetischer Beziehung so erfreulich ist. Man hat also unter den vorhandenen Bausteinen zu wählen, man kann Backsteinen gewisse Naturfarben erteilen, aber es liegen hierin auch Grenzen für die freie Wahl. Dagegen fordert dieselbe Rücksicht auf Dauerhaftigkeit unbedingt Farbenanstrich auf Holz und Eisen. Im allgemeinen soll nun jeder Überzug das statische Leben des Werkes nicht verdecken, sondern unterstützen, und da dieses mit den Eigenschaften des Baustoffes zusammenhängt, so möge der Farbenanstrich das letztere deutlich machen. Dazu ist eine geeignete Farbe (Holzfarbe, Eisenfarbe, Steinfarbe) zu empfehlen, falls sie überhaupt nach den vorhergehenden Regeln paſst. Indessen sind sonstige Farben statt oder neben der stilisierten Naturfarbe nicht ausgeschlossen; sie unterstützen zwar nicht unmittelbar die Wahrheit, aber sie verdrehen sie auch noch nicht, und können ästhetisch wichtig sein, um andere allgemeine Beziehungen des Werkes zu betonen. Entschieden verwerflich ist aber die gemeine Täuschung, durch den Überzug anderen Stoff nachzuahmen, und dadurch das Verständnis der Form zu stören, z. B. Schmiedeisen mit Holzfarbe oder mit Bronzefarbe zu versehen, da weder Holz noch Bronze in so dünnen Formen haltbar sein würden.

§ 7. Brückengattungen. Aus der Zusammenfassung der vorhergehenden Beziehungen kann man allgemein giltige Grundsätze für die allgemeine Anordnung von Brücken gewinnen. Denn die Gedanken, welche dem Schema der Hauptteile zugrunde liegen, sind ästhetische Wahrheiten, welche immer und überall Giltigkeit haben, in jedem Baustil, in jeder Örtlichkeit, bei jeder Bausumme. Diese gleichbleibenden Grundzüge der Formbildung zu entwickeln, ist die Hauptaufgabe des vorliegenden Kapitels, da selbstverständlich bei der unendlichen Mannigfaltigkeit der Ortsbedingungen die eingehendere Behandlung hier nur beispielsweise angedeutet werden kann.

Ungezwungen ergibt sich an einer vollständigen Brücke die Teilung in drei Hauptelemente: Unterbau, Überbau, Brückenbahn, oder unterstützendes, vermittelndes und belastendes Element.

Der Unterbau teilt zunächst die ganze Länge der Brücke in einzelne Öffnungen; zwischen den letzteren stehen senkrecht unterstützende Pfeiler, und aus diesem Grundgedanken wird die Formbildung abzuleiten sein. Ferner gehören zum Unterbau die Einfassungen der natürlichen oder künstlichen Erdkörper, zwischen welchen die Brücke erbaut wird. An diesen Widerlagern oder Landfesten sind zwei Aufgaben zu unterscheiden: Unterstützung des Überbau-Endes und Überleitung des Verkehrs von dem letzteren auf das feste Land. Jener erste Zweck würde schon durch einen den Mittelpfeilern ähnlichen, gegen etwaigen wagerechten Schub verstärkten Landpfeiler erreicht, der zweite Zweck aber erfordert Flügelmauern, welche, von der eigentlichen Brücke abgesondert, nichts tragen, sondern einen Erdkörper einfassen oder hohle überwölbte Räume zwischen sich schlieſsen. Die eigenartige Formbildung eines Widerlagers hat für diese doppelte Aufgabe in der Regel zwei wesentlich verschiedene und sichtlich getrennte Konstruktionsteile zu bestimmen.

Der Überbau besteht entweder aus einer die gesamte Brückenbahn gleichmäfsig tragenden Fläche (Platten, Gewölbe) oder aus einzelnen Rippen (Holz- und Eisenkonstruktionen). In der Wirkung auf den Unterbau, welche symbolisch verwertet werden kann, kommen die drei Unterschiede in Betracht: senkrechte Belastung (Platten, Balken, geschlossene Tragwände), wagerechter Schub (Gewölbe, Bögen, Sprengwerke), wagerechter Zug (Hängebrücken).

Die Brückenbahn endlich kann als verkörperte schwere Fläche (einschliefslich der Verkehrsbelastung) angesehen werden, deren Bestimmung aber nicht gleichgiltig nach allen Richtungen, sondern ausgestreckt nach einer Richtung nach der Brückenachse, geht. Während die innere Konstruktion der Brückenbahn mit etwaigem Trägerwerk u. dergl. kaum zur Erscheinung gelangt, stellt sie sich nach aufsen als Hauptgesims dar. Aufserdem gehören zu ihr die Geländer zur Sicherung des Verkehrs, welche Fortsetzung und Abschlufs auf den Widerlagern finden können, sowie etwaige Bedachungen und Tore.

Die genannten drei Hauptteile müssen selbstverständlich in der technischen Anordnung jeder Brücke vorhanden sein. Sie treten aber in der Ansicht keineswegs immer als eigenartige und gesonderte Bestandteile hervor; vielmehr können in gewissen Fällen eines oder zwei jener Elemente von der künstlerischen Behandlung ausgeschlossen werden. So entstehen in ästhetischer Beziehung folgende drei Hauptgattungen von Brücken:

1. **Torbrücken.** Hier fehlt die Trennung in Unterbau und Überbau, welche vielmehr in Masse und Stoff unmerklich ineinander übergehen. Der Beobachter wird durch keine Gliederung, kein Gesims darauf aufmerksam gemacht, wo die technische Trennung stattfindet, er sieht nur eine, gleichsam durchlochte Masse. Der Baustoff ist immer Stein, aus dem man einen zusammenhängenden Vollkörper hergestellt und diesen in irgend einer Form durchbrochen hat. Hierher gehören die meisten Tunnelportale, Platten- und gewölbte Durchlässe, Brücken, deren Plattenauflager oder Gewölbeanfang lediglich eine Fuge ist wie andere Fugen. Torbrücken besitzen also nur ein ästhetisches Hauptstück: Unterbau, und ein Baumaterial: Stein.

2. **Wandbrücken.** Pfeiler und Widerlager erheben sich bis in die Höhe der Brückenbahn, und der Überbau besitzt Tragwände über der letzteren. Die Bahn aber liegt innerhalb der Tragwände, für den äufseren Eindruck versteckt. Selbst wo etwa freitragende Fufswege aufserhalb der Tragwände angeordnet sind, können sie nicht als selbständiges Element angesehen werden, sie sind nur Anhängsel der Wände, und die grundlegende Kunstform einer Brückenbahn, ein Hauptgesims, fehlt ganz. Hierher gehören Brücken mit Tragwänden aller Formen, sofern dieselben über die Bahn hinaufgehen, ferner Hängebrücken, bei welchen immer Tragseile, Hängestangen und Pilonen eine Wand bilden. Die Wandbrücken besitzen also zwei Hauptteile: Unterbau und Überbau, und sind bezüglich der Überbaukonstruktion ausführbar in zwei Baustoffen: Holz und Eisen.

3. **Tragbrücken.** Bei diesen sind die oben angeführten drei Hauptelemente in ihrer natürlichen Rangordnung übereinander aufgebaut, und mittels architektonischer Gliederung deutlich gesondert. Der Überbau kann bestehen aus Gewölben oder Bögen mit Kämpfergesims, aus geradlinigen Sprengwerken, aus Platten, wagerechten Trägern und Tragwänden aller Art unterhalb der Bahn. Somit sind die Tragbrücken in künstlerischer Beziehung dreiteilig, und können im Überbau aus den drei Baustoffen: Stein, Holz, Eisen hergestellt werden.

Wandbrücken und Tragbrücken entsprechen im allgemeinen den auf S. 82 im 1. Bd. angeführten Bezeichnungen: „Bahn unten“ und „Bahn oben“. Zwischen beiden in der Mitte stehen die in Eisenkonstruktion ziemlich zahlreichen Brücken, bei welchen die Bahn weder an die Unterkante von Tragwänden gehängt, noch auf deren Oberkante gelagert ist, sondern irgendwo zwischen Unterkante und Oberkante an die Tragwände befestigt ist. In den meisten Fällen ist hier eine Behandlung als Wandbrücke angezeigt, weil die Bahn versteckt innerhalb der Tragwände zu liegen pflegt, und es für den äufseren Eindruck nun ziemlich gleichgiltig ist, ob die letzteren ganz unten oder etwas weiter oben ihre Belastung empfangen (vergl. Abb. 5). Zuweilen ist aber auch der Fall auf eine Tragbrücke zurückzuführen, insbesondere, wo der Überbau eine klare Bogenlinie aufweist und die Bahn mit Fufswegen und Geländern den oberen Flächenteil des Überbaues in der Ansicht entweder zudeckt, wie an der Koblenzer[13]) und Konstanzer Brücke (Taf. IX, Abb. 18), oder ihn durchschneidet, wie an den zwei Hochbrücken über den Nord-Ostsee-Kanal (Bd. 1, Taf. IV, Abb. 6) und an der Bonner Rheinbrücke (Taf. X, Abb. 5).

Indem wir die drei Brückengattungen in den folgenden drei Abschnitten gesondert besprechen, bleiben die ihnen gemeinsamen Geländerkonstruktionen dem letzten Abschnitt vorbehalten.

B. Torbrücken.

§ 8. Anwendbarkeit der Kunstidee von Torbrücken. Nach der oben ausgesprochenen Idee von Torbrücken kann deren Überdeckung eine technische Konstruktion von beliebiger Linien-Begrenzung gegen die Durchbrechung sein, wird aber nicht als selbständiges bauliches Element behandelt. Selbst ein Bogen ist hier im künstlerischen Sinne nicht tragend, wenn man ihn auch im Innern technisch dazu benutzt. Die genannte rein räumliche Abgrenzung kommt auch den Seiten der Toröffnung zu, und somit ergibt sich die gleiche Formbildung rings um das ganze Loch: ein umschliefsender Rahmen. Derselbe empfängt denn auch überall die gleiche Gliederung, welche ohne Unterbrechung um die Öffnung herumläuft, soweit deren Begrenzung über dem Erdboden überhaupt sichtbar ist.

Die Auffassung eines umrahmten Loches ist um so mehr gerechtfertigt, je kleiner die Öffnung gegenüber dem durchlochten Vollkörper ist, je weniger der Bestand des letzteren von dem Loch gestört oder überhaupt abhängig ist. Das Urbild der Torbrücken ist ein ringförmiges Tunnelportal (Taf. VII, Abb. 1). Die Masse des Berges überwiegt weit die Fläche der Öffnung und ist an sich vollkommen fest, der steinerne Rahmen hat auch technisch nicht viel mehr zu tragen als sich selbst, und hat nur das rauhe Bergloch nach einer regelmäfsigen Linie einzufassen. Bei der annähernden Kreisform treten Unterschiede von oben und unten, Seiten und Decke, Unterbau und Überbau gar nicht hervor, es zeigt sich gleichsam eine Röhre, von welcher ein Segment mit Kies angefüllt ist, um sie durchfahren zu können. Etwaige Lücken der umgebenden Bergwand mögen mittels Steinpackung naturalistisch wieder ergänzt werden, sind aber von dem Rahmen entschieden abzusondern.

Nächstdem ist die Umrahmung gewöhnlich eine geeignete Kunstform, wo ein mächtiger Mauerkörper durchlocht wird, welcher eine hinter ihm befindliche, namentlich

[13]) Koblenzer Brücke in der 4. Abteilung des Brückenbaues, Taf. VIII, Abb. 8 in 2. Aufl.

Abb. 1a, b. Portal der Salzachbrücke zwischen Oberndorf und Laufen. M. 1:200.

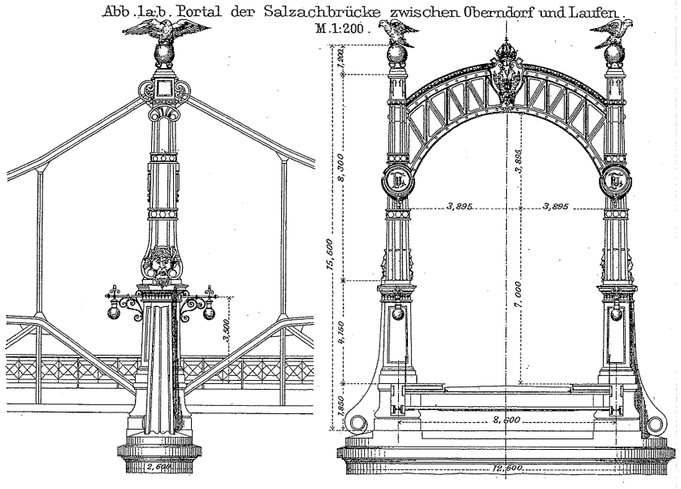


Abb. 2. Entwurf zur Sandkrugbrücke in Berlin. M. 1:50.

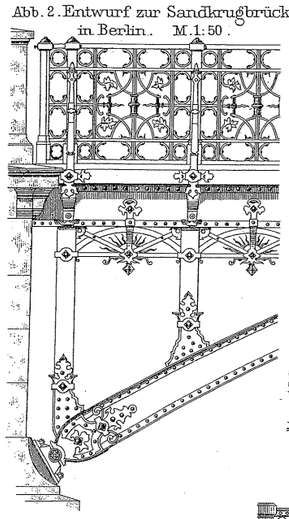


Abb. 3. St. Annenbrücke in Hamburg. M. 1:75.

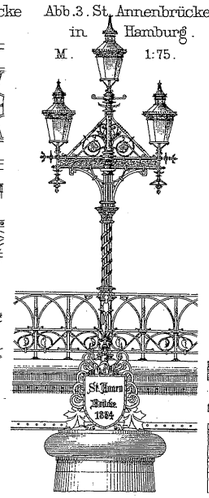


Abb. 4. Rheinbrücke bei Düsseldorf.

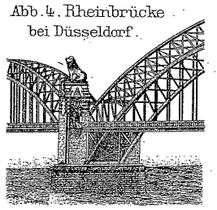


Abb. 5. Elektrische Hochbahn in Berlin am Nollendorfplatze.

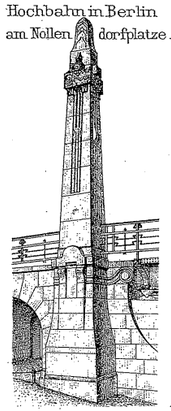


Abb. 6 a, b. Portal des Schlüterstegs in Berlin. M. 1:200.

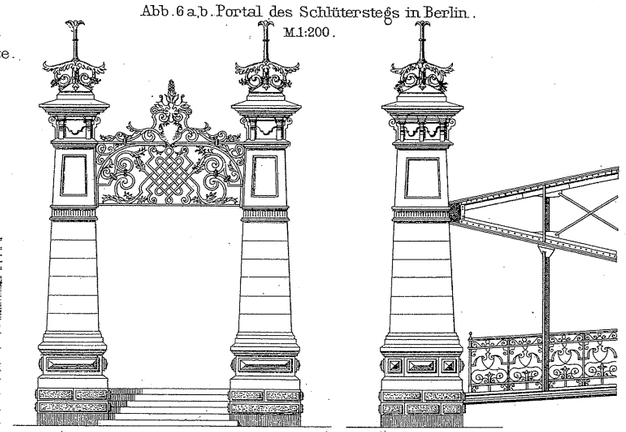


Abb. 11. Rabenbrücke in Strafsburg.

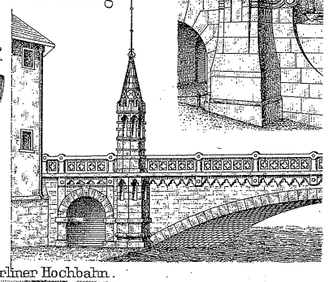


Abb. 7. Brücke S. Trinita in Florenz. M. 1:500.

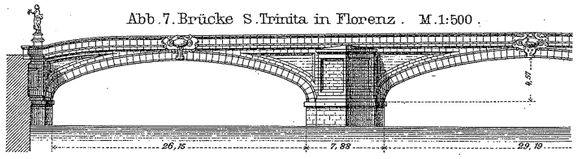


Abb. 14a. Laterne

Abb. 14b. Laterne.

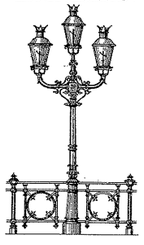


Abb. 10. Brücke im Seepark zu Milwaukee. M. 1:100.

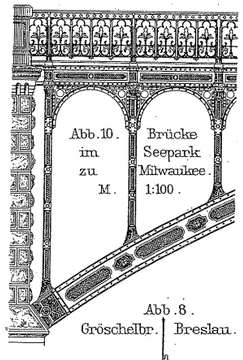


Abb. 15. Berliner Hochbahn.

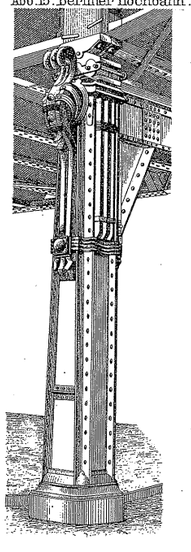


Abb. 12 a, b. Kaiser Franzensbrücke in Prag. M. 1:500.

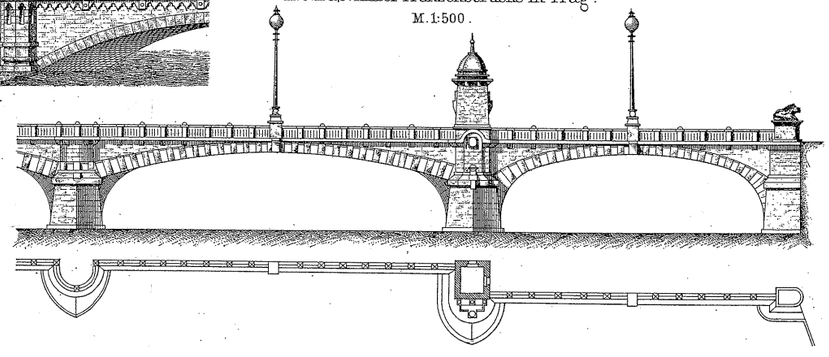


Abb. 16. Geländer der Bonner Rheinbrücke.

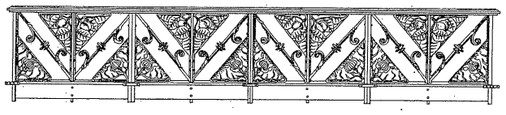


Abb. 13. Strafsenbrücke bei Harburg.

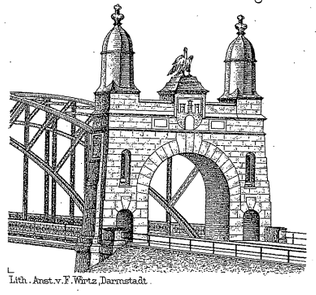


Abb. 9. Mittlere Rheinbrücke in Basel.

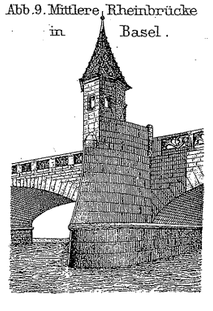


Abb. 14c. Laterne.

Abb. 14d. Laterne.

Abb. 8. Gröschelbr. Breslau.

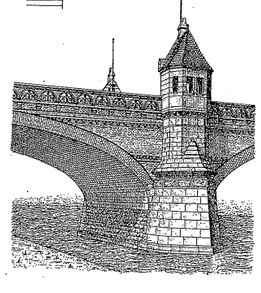
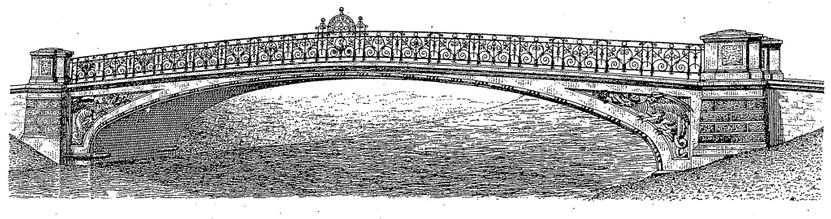


Abb. 17. Drachenbrücke in Braunschweig.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

eine ihn noch überragende Erdmasse zu stützen hat: gewöhnliche wandartige Tunnelportale[14]), Durchlässe und Durchfahrten unter einem Damm (Taf. VII, Abb. 4). In solchen Fällen sieht nämlich eine Teilung in Unterbau und Überbau kleinlich aus, weil beide mit ihren geringen Abmessungen augenscheinlich aufserstande sind, jene überwältigende Masse zu tragen; die letztere ist ästhetisch kräftig genug, um für sich selbst zu sorgen, und es rechtfertigt sich vollkommen, die geringe Unterstützung, welche die Deckplatte oder das Gewölbe etwa noch gewährt, architektonisch aufser acht zu lassen gegen den weit gewaltigeren, rein geometrischen Gegensatz zwischen Masse und Loch.

Andere Umstände, welche zu der Auffassung einer Torbrücke leiten, liegen bei Wegüberführungen in Steinkonstruktion mit einer Öffnung vor (Taf. VII, Abb. 2). Hier erscheint in dem Schaubild des Einschnittes, entsprechend seiner bekannten Ausführungsart, jede Verengung wie eine ursprünglich volle und durchlochte Absperrung. Die Widerlager und Flügel des Bauwerks, ja das ganze Umrifsbild, erscheinen als verwandte Masse zu den Einschnittswänden, welche hinwieder haltend auftreten, wenn die Durchlochung je das Gleichgewicht stören sollte, sei es mit sichtbaren oder mit unterdrückten Widerlagern. Von besonders eigenartiger Form sind jene häufig erbauten „Brücktore", bei welchen die Widerlager nach einwärts geschwungen sind, ähnlich der Querschnittsform der meisten Tunnels.

Aber auch, ohne dafs natürliche Erd- und Felsmassen zu dem Bauwerk in Beziehung treten, kann das letztere als Torbrücke aufgefafst werden. Entsprechend der uralten Überdeckungsweise von Öffnungen mittels überkragter Steinschichten war es die antike Idee, den Bogen als Wanddurchbrechung auszustatten, und seine statische Aufgabe, selbst nachdem er Gewölbeschnitt erhalten hatte, architektonisch unbeachtet zu lassen. Die Öffnung wird durch einen mehr oder weniger reich gegliederten Rahmen (Archivolt) eingefafst. Man kann sich diesen Kunstgedanken wohl gefallen lassen, sobald bedeutende Massen zwischen je zwei Öffnungen auf eine ursprünglich mauerartige und stellenweise durchbrochene Versperrung des ganzen Flufsquerschnitts hindeuten. Die Öffnungen selbst sind dann technisch und ästhetisch unabhängig voneinander. Auf diese Art sind viele Brücken der Römer- und der Renaissancezeit behandelt, so die Engels-Brücke in Rom aus dem 2. Jahrhundert, ferner aus dem 16. die Brücke St. Trinita in Florenz (Taf. XI, Abb. 7), die Kurfürsten-Brücke in Berlin, sowohl in dem früheren Zustand mit 5 Öffnungen, als nach dem Umbau von 1894 mit 3 Öffnungen. Beispiele aus neuester Zeit bieten die Landfeste der Mannheimer Rheinbrücke (Taf. VII, Abb. 9[b]), durchbrochen mit einigen Öffnungen, welche über dem gemeinsamen Sockel mit Rahmen eingefafst sind, ferner die Elisabeth-Brücke in Wien, die Kaiser Wilhelm-Brücke in Berlin, ein Brückchen auf der Uhlenhorst in Hamburg (Taf. VIII, Abb. 6).[15])

Alle diese Beispiele zeigen nun auch bereits die Schwierigkeiten und Grenzen für die Anwendbarkeit einer „Torbrücke". Wo das Bauwerk zwei oder mehr Öffnungen erhalten soll, müssen deren Scheidemassen, strenge genommen, als Bestandteile eines einheitlichen Vollkörpers noch kräftig genug erscheinen. In einigen Fällen kann auch wohl nach Art gekuppelter Fenster ein gemeinsamer Rahmen um zwei Öffnungen gelegt werden, wo dann die Scheidemauer nicht als notwendige Stütze des ganzen Mauerkörpers,

---

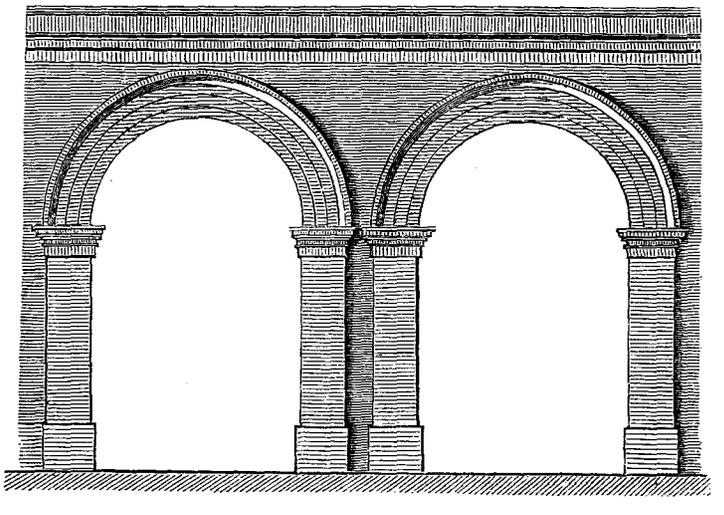
[14]) Siehe dergleichen im I. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften.

[15]) Abbildungen der beiden zuerst genannten älteren Brücken in Reynaud, Traité de l'architecture I; der Kurfürsten-Brücke zu Berlin in ihren zwei Zuständen in: Berlin und seine Bauten 1877 und 1896, des früheren Zustandes auch in Zeitschr. f. Bauw. 1894; der Mannheimer Rheinbrücke in einem Werke von C. Fischer 1869; der Elisabeth-Brücke zu Wien in Allg. Bauz. 1854.

sondern höchstens als untergeordnete Stütze für das Eigengewicht des Rahmens zu dienen hat (Doppeldohlen). Bei gröfseren Abmessungen wird die Lösung schwieriger, weil die Erhaltung eines Vollkörpers als Ganzes über mehrere Öffnungen hinweg unwahrscheinlicher wird, also die Mittelmauer immer notwendiger die Aufgabe der Unterstützung übernehmen mufs. Je reicher die Bauweise, desto eher erwartet dann das Auge die technische Mittelstütze auch künstlerisch als Unterbau, als Pfeiler behandelt, und Aufgeben der Idee des allseitigen Rahmens. Ähnliche Schwierigkeiten erwachsen der Toridee, wenn überhaupt die Abmessungen eines Loches grofs sind gegen den daneben und darüber befindlichen Rest des Vollkörpers. Hier kann ein gleichsam nachträglicher Durchbruch, bei welchem der Mauerkörper im Gleichgewicht blieb, nicht stattgefunden haben. Der letztere ist augenscheinlich in der natürlichen Reihenfolge als Tragbrücke errichtet worden, und der Beobachter verlangt dann auch eine Formbildung, welche dieses konstruktive Sachverhältnis nicht vernachlässigt, sondern im Gegenteil zum Ausgang nimmt. Endlich liegt noch ein weiterer Anstand vor, wenn die Spannweite der Öffnung bedeutend ist, selbst da, wo ein noch viel ansehnlicherer Vollkörper sie umgibt. Man kann niemanden zumuten, sich die selbständige Tragfähigkeit eines Mauerkörpers über Spannweiten hinweg vorzustellen, von welchen jeder Laie ohne Nachdenken weifs, dafs bei Anwendung der üblichen Bausteine Einsturz erfolgen mufs. Es wäre der schon in § 4 unter 3. gerügte Fehler, eine Kunstform ohne weiteres auf anderen Mafsstab zu bringen, ein Torweg aus Riesenblöcken für Riesen. In dieser Beziehung dürfte wohl ein Tunnelportal beiläufig die zulässige Grenze abgeben, welche durch eine Torbrücke nicht zu überschreiten ist, ohne als Menschenwerk für menschliche Anschauung unbehaglich zu werden. Von den oben angeführten Beispielen haben unseres Erachtens die Brücke St. Trinita und die Elisabeth-Brücke die Grenzen einer Torbrücke überschritten; an den zwei Berliner Brücken, welche enge und weite Öffnungen nebeneinander besitzen, läfst sich die Formbildung einer Torbrücke bei den engen vollkommen rechtfertigen, bei den weiten mit 15, bezw. 22 m Spannung kaum.

Als äufserster Beleg für alle angeführten Schwierigkeiten diene der englische Eisenbahnviadukt über den Dee (Taf. VII, Abb. 10), bestehend aus 19 Öffnungen von 18 m Weite, Zwischenmauern von 4 m Dicke und 45 m hoch. Alle Gewölbe und Pfeilerkanten sind mit einer sehr entschiedenen Rahmengliederung versehen. Wie wenig entspricht aber diese Formbildung den tatsächlichen Verhältnissen, denn diese schlanken Pfeiler und geringen oberen Massen können unmöglich ein Massiv bilden, welches eine Gewölbeunterstützung mit einem Schein von Berechtigung verschmähen darf. Dann verlangt aber die Wahrheit, nicht zu verstecken, was ein wesentliches Element des Werkes sein mufs, am wenigsten eine beliebige Idee an die Stelle zu setzen, welche augenscheinlich nur Blendwerk sein kann. Die Verhältnisse dieses Viaduktes fordern unbedingt eine Tragbrücke.

Abb. 4.



Aus dem gleichen Grunde dünkt uns die Verbindung verwerflich, eine Umrahmung des Bogens nur

auf diesen letzteren zu beschränken, vom Bogenanfang abwärts aber Tragkörper mit Kämpfergesims u. s. w. zu verwenden: die Form ursprünglich römischer und unzähligemale gedankenlos nachgeahmter Bogenstellungen aus Pilastern und Archivolten, welche zuweilen auch bei Brücken gewählt worden ist (Abb. 4, Aquadukt zum Turm der Winde in Athen). Man hat dann unterhalb des Bogenanfangs den Unterbau einer Tragbrücke, oberhalb desselben das Oberteil einer Torbrücke, also beides halb und nichts vollständig. Statt einer solchen verwirrenden Zwitterbildung müfste entweder der Rahmen der ganzen Öffnung umgelegt, oder statt seiner ein tragender Bogen ausgebildet werden. Möge sich der Ingenieur durch die Ansehnlichkeit seiner Lasten und Massen immer veranlafst finden, künstlerisch wahr zu bauen, und bei jeder Aufgabe zu erwägen, welcher Kunstgedanke den gegebenen Ortsumständen und technischen Konstruktionen ungezwungen entspricht.

§ 9. Gestaltung des Vollkörpers.[16]) Der Mauerkörper, durch welchen eine Torbrücke führt, hat stets wagerechten Schub von hinten auszuhalten, sei es durch eine überragende Dammschüttung, durch eine natürliche Bergwand (Tunnelportal), durch eingeschlossene Erde oder Hohlräume. Selbst an einem undurchbrochenen Mauerkörper entsteht der unwillkürliche Eindruck, dafs eine Neigung zum Ausbauchen und Auseinandergehen besteht, wie es ja bei der Zerstörung tatsächlich zugeht. Immer ist daher der Vollkörper als Stützmauer gegen wagerechte Schubkräfte zu entwerfen. Die technischen Betrachtungen, welche hierbei einem hohlen Profil den Vorzug des geringsten Stoffaufwandes geben, leiten auch das ästhetische Gefühl des Laien, weil der Widerstand gegen die zuerst eintretende Gefahr des Ausbauchens nach aufsen verstärkt ist. Geradliniger Anzug erscheint schon weniger kräftig, senkrechte Begrenzung am ungünstigsten.

Aufser durchlaufenden Begrenzungsflächen erhalten Stützmauerkörper zuweilen Strebepfeiler (Taf. VII, Abb. 4). Wenn es von örtlichen Preisverhältnissen abhängt, ob dieselben technisch zweckmäfsig sind, so leidet es keinen Zweifel, dafs sie immer einen ästhetisch erfreulichen Eindruck machen. Man hält sie unwillkürlich für einen Zuschlag an Sicherheit, da man die eigene Dicke der Stützmauer nicht schätzen kann, sieht ferner den Mauerquerschnitt am Strebepfeiler scharf vortretend von der Seite, und gewinnt damit einen klaren Überblick der Konstruktion.

Der Vorsprung eines Strebepfeilers kann unter Umständen von oben bis unten gleich bleiben. Es trägt aber zur Verstärkung des Eindrucks bei, wenn dieser Vorsprung nach unten wächst, denn der Erddruck erfordert am Strebepfeiler mehr Sicherheit als an der glatten Mauer. Den Vorsprung oben bis Null abnehmen zu lassen, wie es die Theorie für zweckmäfsig erklärt, erscheint in der Regel schwächlich. Keinenfalls soll der Strebepfeiler sich der Senkrechten mehr nähern als die übrige Mauer, indem er sich nach oben verdickt. Die Zunahme des Vorsprungs mag stetig angeordnet sein oder absatzweise. Letzteres entspricht freilich nicht der stetigen Zunahme des Erddrucks von oben nach unten, gewährt aber den Vorteil, dafs man an jedem Absatz von neuem veranlafst wird, den Vorsprung des Strebepfeilers vor der Mauerfläche zu schätzen, zu vergleichen und dadurch eine richtigere Vorstellung von dem Zusammenhang beider Querschnitte gewinnt. Im ganzen werden die Absätze so einzurichten sein, dafs eine vermittelte Linie durch sämtliche vorspringende Kanten gut aussieht, also etwa eine hohle Linie ergibt.

[16]) Die in § 9 erörterten Einzelheiten sind in Taf. VII, Abb. 2, 4 u. 9, sowie in Taf. IX, Abb. 16 zu erkennen, weitere Motive an gut ausgestatteten Brücktoren, Unterführungen, Tunnelportalen zu finden, z. B. in den Veröffentlichungen über die badischen Eisenbahnen.

Auch an der Breite des Strebepfeilers ist eine Zunahme nach unten konstruktiv gerechtfertigt, doch nicht in demselben Grade wichtig wie bei dem Mafse des Vorsprungs. Absätze in der Breite, ohne solche nach vorn, sehen daher schlecht aus, wohl aber kann man die Vorderfläche eines Strebepfeilers irgendwo absetzen, ohne auch die Seitenflächen ebenso zu behandeln. Die rechteckige Grundform des wagerechten Schnittes eines Strebepfeilers mag überhaupt durch Entkantung mehr oder weniger umgestaltet werden, doch mit Vorsicht, um nicht allzu zierlich zu bauen, was doch für Strebepfeiler in der Regel nicht passen würde. Nur da, wo aus örtlichen Gründen ein vornehmes Äufsere erstrebt wird, darf darin weit gegangen werden, wie es an dem reizvollen Bauwerk Taf. VIII, Abb. 6 mittels vorgestellter Säulen geschehen.

Mauerstreifen, welche mit geringem und gleich grofsem Vorsprung, sowie mit unveränderter Breite hergestellt sind, Lisenen (Taf. VII, Abb. 2), sind ebenfalls als Verstärkung eines Vollkörpers wohl anwendbar, aber bei weitem nicht so ausdrucksvoll wie Strebepfeiler. Sie sind wegen ihrer an sich geringen Masse eher dem übrigen Mauerkörper untergeordnet, als umgekehrt, mehr zum Zweck der Raumeinteilung als baulicher Verstärkung vorhanden. Hieraus folgt, dafs eigentliche Lisenen in Bezug auf Mauerverband, Sockel und Bekrönung bescheidener gehalten werden müssen, als kräftige Strebepfeiler — ein Grundsatz, gegen welchen freilich im Hochbauwesen oft gesündigt wird, um recht viel Schmuck anbringen zu können.

Das Mittelfeld zwischen zwei Strebepfeilern unterliegt den oben angeführten Bedingungen des Mauerprofils um so weniger strenge, je zahlreicher und kräftiger die Strebepfeiler angeordnet sind, weil eben den letzteren dann ersichtlich die Hauptwirksamkeit zufällt. Unter Umständen dürfte das Mittelfeld senkrecht stehen. Besonders eigenartig fällt die Anordnung der Mittelfelder als Nischen (im Grundrifs hohl) aus, indem die Übertragung des Erddruckes an einzelne feste Punkte sehr deutlich wird. Im allgemeinen mögen die Verhältnisse zwischen Abstand, Vorsprung und Breite der Strebepfeiler nach der Absicht gewählt werden, den Gesamtkörper entweder mehr zu zerlegen oder mehr geschlossen zu halten, je nachdem es mit seiner Bestimmung und Umgebung zusammen stimmt. Da jedoch immer eine Überordnung der Strebepfeiler vor den Zwischenmauern stattfindet, so kann sich dies Verhältnis auch in der Stoffbehandlung aussprechen, indem man jenen höhere Schichten, derbere Oberflächen, kräftigere Farbe erteilt, oder wenigstens ihre Kanten auf diese Art hervorhebt.

Bei einiger Sorgfalt in der Formbildung wird der Vollkörper nach oben durch ein Deckgesims abgeschlossen. Die technische Bestimmung desselben besteht darin, die Mauerfläche vor herabrieselndem Wasser zu schützen, welches teils von der darüber befindlichen Erdfläche oder Brückenbahn, teils aus der Atmosphäre an sie gelangen könnte. Von daher ist die Formbildung dieses Bauteils abzuleiten, im einfachsten Fall eine vorspringende Platte mit Wassernase oder Hohlkehle, aber auch mit Ziergliedern und Kragsteinen reicher ausgestattet (vergl. § 26). Damit wird zugleich das künstlerische Bedürfnis einer Krönung des Bauwerkes befriedigt. Eine Mauer ohne die geringste Auszeichnung ihrer Oberkante erregt Zweifel, ob sie eigentlich fertig sei oder noch höher geführt werden solle. Die Ausladung des Deckgesimses wäre im Verhältnis teils zur Höhe der Mauer, teils zum Mafs ihres Anzuges zu wählen, wenn auch nicht davon die Rede sein kann, eine solche Mauerfläche vollständig vor Regen zu schützen. Von zwei gleich hohen Mauern wird demnach die stärker geneigte, von zwei Mauern ähnlicher Querschnittsform die höhere das weiter ausladende Deckgesims erhalten.

Auch die etwaigen Strebepfeiler müssen bekrönt werden. Sie endigen entweder schon unterhalb des Deckgesimses, oder gehen in dem letzteren selbst aus, oder werden gar darüber hinauf freistehend fortgesetzt. Die letzte Anordnung dürfte sich im Ingenieurwesen wohl niemals eignen, weil dann die Mittelfelder gar zu untergeordnet, gleichsam nachträglich eingebaut erscheinen. Zwischen den beiden anderen Lösungen findet folgender ästhetische Unterschied statt: Endigen die Strebepfeiler unterhalb des Deckgesimses, schon an der glatten Mauerfläche, sei es mit einer Abschrägung nach vorn oder mit einem Giebeldach, so überwiegt das Gesims über dem gesamten Bauwerke, welches eben dadurch einheitlicher erscheint. Gelangen die Strebepfeiler dagegen bis in das Mauergesims, um mit dessen Deckplatte selbst bedeckt oder auf andere Weise abgeschlossen zu werden, so treten sie selbständiger gegen die Zwischenfelder auf, fügen sich aber noch der gemeinsamen Bestimmung, eine Erdanschüttung oder Brückenbahn zu tragen. Für Lisenen dürfte sich, zufolge ihrer oben geschilderten Eigenart, am besten ihre Überleitung in ein unteres Glied des Deckgesimses, sei es glattes Zierglied oder Kragsteinreihe, eignen.

Auch am Fufse des Vollkörpers ist ein Vorsprung: Sockel erforderlich. Ohne ihn sieht das Bauwerk eingegraben aus, nur durch ihn wird das Kunstwerk von der Natur gehörig abgesondert. Der Sockel kann, gleich den Strebepfeilern, entweder mit gleicher oder mit stärkerer Neigung als die über ihm aufsteigende Mauer versehen sein. Bei dem Absatz zwischen Sockel und Mauer findet sich, aufser bei besonders rauher Formbildung, ein Sockelgesims, dessen Gliederung auf den Aufgaben der Übertragung des Druckes aus einem schmäleren in einen breiteren Körper und der Ableitung des Regenwassers beruht. An Strebepfeilern mag, zufolge ihrer Überordnung über die Zwischenfelder, das Sockelgesims kräftiger ausgebildet sein oder höher liegen, als an letzteren. Bei geringem Vorsprung, wie an Lisenen, würde ein angemessen kräftiger Eindruck erzielt, wenn letztere erst oberhalb des Sockels beginnen, somit ein stark vortretender glatter Sockel den Gesamtkörper unterstützt.

Wir erhalten demnach an jedem architektonisch behandelten Mauerkörper die Dreiteilung in Sockel, Hauptteil und Deckel. Die Höhenverhältnisse dieser drei Teile gegeneinander sind sehr wichtig, weil aus ihnen der Gesamteindruck des Emporstrebens, der Ausbreitung u. s. w. entsteht. Je höher die Krönung (Deckgesims nebst etwaiger Brüstung), desto schwerer belastet, je höher der Sockel, desto fester gegründet erscheint der Bau. Nie sollen beide gleichgestaltet sein, etwa als zwei gleich hohe, um gleiches ausladende Steinschichten; der Sockel mufs vielmehr an Masse überwiegen, wie sich aus seiner statischen Bestimmung ergibt. Weitere wagerechte Abteilungen auf der mittleren Hauptfläche des Vollkörpers sind nicht angezeigt; denn der Erddruck, hauptsächlich mafsgebend für die Formbildung, wächst stetig von oben nach unten. Zwischengesimse machen gewöhnlich schwächlicheren Eindruck als eine zusammenhängende Fläche. Wenn das Bedürfnis eintritt, die letztere bei beträchtlicher Höhe etwas zu beleben, reicher auszustatten, so bieten sich zu diesem Zweck die Hilfsmittel eines ausdrucksvollen Steinverbandes dar: Hervorhebung von wagerechten Bändern oder von Bindern, von verzahnten Eckquadern neben Strebepfeilern, von sonstigen verzahnten Quaderstreifen in senkrechter Richtung u. dergl. Man kann hiermit eine gewisse Beziehung zu den oben erwähnten Absätzen an Strebepfeilern einhalten, hat sich jedoch in acht zu nehmen, dafs der Vollkörper nicht zu zierlich ausfällt. Aus letzterem Grunde ist namentlich vor einer Umrahmung der durch Sockel, Gesims und Pfeiler eingefafsten Felder zu warnen (Taf. VII, Abb. 9[b]). Dies beruht auf einer Verkennung der statischen

Aufgaben, wie schon in § 4 angedeutet wurde. Endlich ist zu bemerken, dafs Absätze an Strebepfeilern am besten schräg abgedeckt werden, teils in Ähnlichkeit mit den Sockelgesimsen, teils behufs eines lebendigen Eindruckes vom anstrebenden Widerstande in schräger Richtung (Mittelkraft zwischen Erdschub und Mauergewicht). Die Wasserableitung erfordert an den Absätzen jederzeit ein Deckgesims.

§ 10. Gestaltung des Rahmens. Ist im Verhältnis zu den Abmessungen des ganzen Bauwerkes eine passende Breite des Rahmens festgesetzt, so hat man als Grundformen desselben einen kantigen Ring, welcher zuweilen als besonderes Stoffstück, ähnlich den Türgewänden, verkörpert ist (Taf. VII, Abb. 9b), oder eine Abkantung, durch welche der Lichteinfall, Wasserdurchflufs und Verkehr vorteilhafter in die Toröffnung hineingeleitet wird (Taf. VII, Abb. 4). Indessen begnügen sich meistens nur kleine Bauwerke mit der einen oder anderen Grundform in einfachster Gestalt. Häufig werden beide vereinigt, als gemischter Rahmen, vorspringender Ring mit Abkantung, wie ihn die Überführung Taf. VII, Abb. 2 zeigt. Ferner können mehrere Rahmen ringförmig umeinander angeordnet werden, sei es, dafs die beabsichtigte Gesamtbreite nicht aus einem Stück gewonnen werden kann (Gewände oder Backsteinringe), sei es, dafs dieser technische Umstand doch in der Idee unterlegt wird. An einer solchen Verbindung können entweder mehr die scharfen Absätze zwischen den Ringen hervorgehoben werden oder eine bedeutende Abschrägung, mit kleineren Einkerbungen versehen, erscheinen.

Zur Schmückung von Rahmen dient vor allem ein Rand am äufseren Umfang (Taf. VII, Abb. 1), wie solcher u a. an der Gliederung des römischen Archivolts niemals fehlt. Hierdurch wird, besonders gegenüber der etwaigen Entkantung nach innen, die Beziehung des Rahmens zum Eingerahmten verstärkt, und ein sichtlicher Unterschied von Tragbögen geschaffen, indem der innere Rand des Gewändes anders aussieht als der äufsere. Der Querschnitt dieses Randes kann mannigfaltig gestaltet sein, am besten selbst wieder nach innen und aufsen unsymmetrisch. Der Rand dient auch dazu, den Vorsprung der Gewändfläche vor dem Gemäuer ansehnlicher erscheinen zu lassen, als er wirklich ist. Sodann bieten Nuten, Rundstäbe und Hohlkehlen Gelegenheit zu reicherer Verzierung eines Rahmens, wobei nur Vorsicht gebraucht werden mufs, einen bestimmten Grundgedanken, sei es Ring oder Abkantung, immer noch im Gesamteindruck klar zu bewahren (vergl. Taf. VIII, Abb. 6).

Ein Rahmen kann ferner mit einem rhythmischen Ornament ausgestattet werden, wobei indessen mangels bestimmter konstruktiver Hauptrichtungen nur eine einfache Reihe aus lauter gleichen Elementen sich eignen würde. In einfachster Art geschieht das schon durch die Fugen des Gewölbes, falls ein solches die Öffnung überspannt und mit seinen Steinen in den Rahmen einbezogen wird. Doch ist der Steinschnitt noch keine sehr eigenartige Verzierung, weil er nach innen und aufsen symmetrisch liegt, und demnach zur Verwechselung mit Tragbögen veranlassen kann. Jedenfalls müssen die Gewölbesteine oder die Teile derselben, welche etwa aufserhalb des Rahmens zu liegen kommen (Taf. VII, Abb. 2), anders, und zwar ganz übereinstimmend mit der übrigen Fläche des Vollkörpers behandelt werden. Sonst können alle rings um die Öffnung gereihten Ornamente angewendet werden, wobei jedoch strenge genommen eine bestimmte Richtung ihres Laufes nicht eingehalten werden darf, da bei einem Rahmen oben und unten einerlei ist (Perlenschnüre, Knopfreihen u. dergl.). Günstig wirkt immer unsymmetrische Anordnung des Ornamentes nach innen und aufsen. Dagegen widerspricht dem Bildungsgesetz des Rahmens eine Auszeichnung des Schlufssteins, weil sie

aufs Tragen hindeutet; gleichwohl kommt sie bei römischen Archivolten vor zur weiteren Verstärkung des am Schlufs von § 8 erörterten Widersinnes, und wird gedankenlos noch heute oft genug nachgeahmt (Taf. VII, Abb. 9[b] und Taf. VIII, Abb. 12).

Wenn das Bauwerk mit einem Sockel versehen ist, so tritt derselbe an der Öffnung in Widerstreit mit dem Rahmen. Eines der beiden Bauglieder mufs preisgegeben werden, falls nicht eine Vereinigung beider gelingt. Diese drei Möglichkeiten sind an den Torbrücken auf Taf. VII dargestellt. In Abb. 1 geht der Rahmen abwärts, soweit die Öffnung überhaupt sichtbar ist, und der etwaige Sockel, den ein Mauerkörper (statt der Felswand) erhalten würde, stöfst stumpf an der Aufsenkante des Rahmens ab, was jedoch einen etwas harten Eindruck macht. Dagegen hat man in Abb. 4 umgekehrt den Sockel in die Leibungsfläche der Öffnung hineingeführt, und der Rahmen beginnt erst oberhalb, steht auf dem Sockel. Das ist noch kein Widerspruch gegen den Gedanken, dafs der Rahmen kein unten und oben kennt, denn er ist ein Bestandteil des Vollkörpers, und teilt dessen Begründung durch den Sockel. Einen geeigneten Mittelweg endlich zeigt Abb. 2, woselbst die Abkantung des Sockels mit derjenigen des Rahmens zusammenhängt, eine Lösung, welche bei reicherer Ausstattung beider Elemente mannigfaltige Abänderungen zuläfst.

C. Wandbrücken.

§ 11. Gliederung der Mittelpfeiler. Bei Wandbrücken liegt der Überbau ganz oder teilweise über der Brückenbahn und unterscheidet sich selbständig von dem Unterbau: Mittelpfeiler und Widerlager (§ 7). Diese Anordnung begründet sich in der Regel nur da, wo Wasser vorhanden und der Höhenabstand zwischen Hochwasser und Brückenbahn nicht hinreicht, um eine Überbaukonstruktion zwischen beide zu stellen, d. h. eine Tragbrücke zu bauen. Man hat es daher gewöhnlich nicht mit hochanstrebenden Bauten zu tun. Solche werden nur ausnahmsweise vermöge der eigentümlichen Konstruktion des Überbaues zu Wandbrücken, wie die Britannia-Brücke und hochliegende Hängebrücken. Als Regel darf vielmehr eine nahe über dem Wasser liegende Brücke vorausgesetzt werden.

Alle unterstützenden Bauteile, von der runden schlanken Säule, wie sie an Unterführungen und Röhrenpfeilern vorkommt, bis zum wuchtigen Mittelpfeiler, werden bei künstlerischer Behandlung gegliedert, indem oben ein Kapitäl zum Empfangen der Belastung und Krönen der Stütze, unten aber ein Sockel zur Abgabe und Austeilung der Last auf das Grundgemäuer und zur Ablösung vom Boden ausgezeichnet wird. Bei starken Mittelpfeilern würde das Kapitäl den Namen Traggesims erhalten, entsprechend der ihm zukommenden statischen Aufgabe. Im Vergleich zu der Dreiteilung eines Vollkörpers gegen wagerechten Schub (§ 9) besitzt hier nur der Sockel die gleiche Bestimmung. Der Schaft eines Pfeilers aber arbeitet wesentlich anders unter senkrechtem Druck, während dort Schrägkräfte auftreten. Ebenso verschieden ist die Bestimmung des obersten Teils: Deckgesims nach unten, Traggesims nach oben gerichtet, neben dem beiden gemeinsamen Dienste des krönenden Abschlusses.

Die Dreiteilung sollte vom Flufsbett, bezw. von der Oberfläche eines Grundkörpers (§ 2) an vorgenommen werden, weil man eine wechselnde Wasseroberfläche nicht als Pfeilerfufs ansehen kann. Hierauf beginnt der eigentliche Sockel des Kunstbaues. Seine Aufrifsbegrenzung ist gewöhnlich eine gerade Linie mit Anzug, oder eine Reihe von

Absätzen, deren verglichene Schräge jedoch viel steiler als bei jenen Grundmauerstufen sein, und vom Auge ungezwungen in die Seitenfläche des Schaftes hinaufgeführt werden mufs (Taf. VII, Abb. 7). Der Sockel wird ungeteilt unter dem gesamten Grundrifs des Pfeilers durchgeführt, erhält aber unter Wasser statt gebogener Seiten von Vorköpfen zuweilen vieleckige Form.

Der Schaft eines steinernen Pfeilers im Wasser besteht streng genommen aus drei nebeneinander stehenden Teilen mit verschiedenartigen Zwecken. Der Mittelkörper hat senkrechte Lasten zu tragen, die beiden Vorköpfe sollen seitlichen Angriffen von aufsen nach innen widerstehen. Eine folgerichtige Formbildung würde daher erfordern, diese drei Teile auch äufserlich zu trennen, wie es in der Tat an älteren Brücken zuweilen geschehen ist, so auch in Taf. VIII, Abb. 11. Aber zwei Umstände vereinigen die Teile doch wieder zu einem Ganzen: der Wasserdurchflufs wünscht stetige Flächen ohne Ecken, und die Belastung teilt sich im Innern des Pfeilers so aus, dafs die Vorkopfmassen mit davon zu tragen bekommen. Es wird deshalb die Aufsenfläche des Schaftes gewöhnlich nicht unterbrochen, und höchstens den Vorköpfen ein kräftigerer Stoff und derberes Ansehen gegeben, als den Leibungen des Mittelkörpers. Als lotrechte Begrenzung eignet sich am besten eine gerade Linie, weil sie zwischen der in § 9 erörterten konkaven und einer gegen den Wasserstofs zweckmäfsigen konvexen Linie vermittelt. Wo der Eisgang einen Vorkopf fordert, welcher spornartig mit flacher Neigung weit ausgreift, mufs die letztere in den steileren Anzug des Mittelkörpers überführt werden. Bei älteren Brücken ist dies gewöhnlich nach dem oben Angedeuteten stumpf geschehen. Eine andere Lösung zeigt die Elbbrücke bei Meifsen (Taf. VII, Abb. 5), welche nur vielleicht etwas unruhig aussieht, aber auch gut ohne Abstufung auszuführen wäre.

Was das Traggesims betrifft, so eignet sich für dasselbe bei der Dreiteilung gewöhnlich eine mäfsige Höhe, wegen der breit ausgestreckten Wesenheit der Wandbrücken. Bei der näheren Formbildung des Traggesimses kommt nun abermals der Unterschied zwischen Mittelkörper und Vorköpfen zur Sprache. Auf jenem ist wirkliche Unterstützung beabsichtigt, daher das Profil kräftiger als ein Deckgesims zu halten, und auf der Oberfläche kaum abzuschrägen. An den Vorköpfen dagegen wird fast ausschliefslich Deckung nach unten beabsichtigt, indem die Oberfläche der Vorköpfe nicht belastet und zum Wasserablauf einzurichten ist. Glücklicherweise mag es wohl angehen, die beiden Aufgaben des Tragens und Denkens in einer Profilform zu vereinigen, welche dann ohne Wechsel den gesamten Schaft krönen kann. Einfach und selbstverständlich scheint es ferner, ein Traggesims unmittelbar unter die Unterkante des Überbaues zu legen, wobei immerhin eine Spalte zwischen beiden verbleiben kann, aber künstlerisch verschwindet. Der Vorkopf ist dabei entweder wagerecht angelegt, etwa als Ruheplatz neben der Brückenbahn, oder mit einer abgeschrägten Haube versehen (gewöhnlich in einem Stück mit dem Gesims), welche nun vor der Tragwand liegt. Doch gibt es von dieser regelmäfsigen Lage, welche einer bildlichen Darstellung kaum bedarf, mancherlei Abweichungen, welche nunmehr besprochen werden sollen.

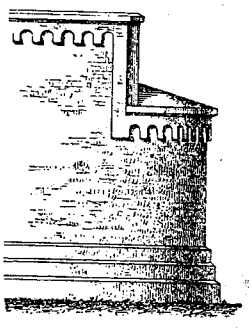
So ist an der Weichselbrücke von Dirschau (Taf. VII, Abb. 7) das Gesims höher als die Überbaukante gelegt, so dafs kein architektonisch ausgebildetes Auflager für die letztere vorhanden ist. Offenbar hat dazu der freitragende Fufsweg veranlafst, welcher ziemlich viel höher als jene Kante liegt und nun dem Gesims entspricht. Diese an sich wohl berechtigte Durchführung einer scharf ausgesprochenen wagerechten Linie hätte jedoch nicht verhindert, dennoch ein eigentliches Traggesims unter dem Auflager

herzustellen, als das wesentlichste Element eines gegliederten Stützkörpers. Sollte aufserdem jenes Gesims in der Höhe des Fufsweges beibehalten werden, so hätte sich dadurch ein ganz ansprechender Sockelabsatz für den Turm ergeben, welcher als Bestandteil des Überbaues dieselbe Grundfläche mit der Eisenkonstruktion, dasselbe Traggesims unter sich haben sollte. Nach diesem richtigeren Grundsatz sind z. B. die Pfeiler der Elbbrücke bei Meifsen angeordnet (Taf. VII, Abb. 5).

Umgekehrt sieht man an der Eipelbrücke (Taf. VII, Abb. 8) das Traggesims wesentlich niedriger als die Überbaukante angeordnet, zwischen beiden eine Schwelle, welche nebst dem Vorkopfdeckel künstlerisch einen Teil des Gesimses bildet, mit der gleichen Aufgabe des Tragens. Diese Anordnung entspricht der Stellung und Höhe von Auflagerstühlen, und würde besonders eigenartig ausfallen, wenn Gelegenheit ist, die Schwellen mit Konsolen unter den Tragwänden zu versehen, oder Sättel in sie einzulegen (vergl. den Dirschauer Pfeiler). Dies vermindert die Spannweite, befördert also fürs Auge den Eindruck der Unterstützung, wenn auch bei technischen Rechnungen nicht viel Wert auf derartige Vorkragungen gelegt wird.

Bisher ist unterstellt worden, dafs die Vorköpfe bis an oder doch nahe an den Überbau reichen, so dafs das Traggesims sie mit dem Mittelkörper des Pfeilers gemeinschaftlich krönt. Dies ist selbst dann in der Regel zu empfehlen, wenn das Hochwasser den Überbau nicht ganz erreicht, und somit eine gewisse Verschwendung an Mauerwerk dadurch getrieben wird, dafs die Vorköpfe den Hochwasserstand überragen. Denn der uneingeweihte Beobachter glaubt meistens, dafs das Hochwasser, welches er ja in Wirklichkeit selten zu sehen bekommt, bis an die Brückenbahn steigen könne; erst damit ist ihm eigentlich die Stellung der Tragwände über der Brückenbahn begreiflich, welche sonst der natürlichen Reihenfolge von Stütze und Last widerspricht. Wo jedoch der Raum zwischen Hochwasser und Überbau beträchtlich ist, und wegen der Eigentümlichkeit der Tragwände (Hängebrücken), oder wegen der Schiffahrt (Britannia-Brücke, viele Strombrücken) leer bleibt, da wird man gern an Baustoff zum Vorkopf sparen wollen, und gelangt dann auf eine Zwischenteilung, welche verschieden ausgebildet werden kann. Am richtigsten zerfällt ein solcher Pfeiler wohl in zwei Stockwerke übereinander, indem man, wie in Taf. VII, Abb. 9 und Taf. VIII, Abb. 14 geschehen, das Vorkopfgesims ringsum führt. Jedes Stockwerk für sich ist ein vollständiger dreiteiliger Stützkörper. Dafs man nun zwei dergleichen aufeinanderstellt, ist allerdings nach der statischen Hauptbestimmung nicht gerechtfertigt, weil nicht etwa in halber Höhe noch mehr Last dazu kommt. Aber eine andere Aufgabe: der Widerstand gegen Wasser, erteilt doch dem unteren Stockwerk mehr Bedeutung und rechtfertigt die Teilung. Immerhin gehören schon bedeutende Höhenverhältnisse dazu, wie sie glücklicherweise in obigen Fällen bestehen, um das obere Stockwerk ansehnlich und selbstständig genug erscheinen zu lassen. Unterläfst man aber die Bekrönung des Vorkopfes und demnach auch die wagerechte Teilung des Pfeilers gänzlich, so fällt der Vorkopf gewöhnlich unglücklich nackt und unfertig aus, wie es die Prager und Pester Hängebrücke (Taf. VII, Abb. 11 u. 13), noch stärker die Mainzer Eisenbahnbrücke (Bd. 1, Abb. 38 auf S. 99) zeigt. Gerade an den genannten Kettenbrücken hätte es nahegelegen, den Vorkopf bis an die Brückenbahn hinaufzuführen, woselbst ein Fufsweg das Portal umgibt. Ein anderes Hilfsmittel liefse sich noch in der Art denken, dafs die Deckgesimse auf den Vorköpfen und das höher liegende

Abb. 5.



Traggesims auf dem Mittelkörper durch Gesimsstreifen oder Ecklisenen an den vier senkrechten Kanten des letzteren in Verbindung gesetzt werden (Abb. 5).

Indem bei zweistöckigen Mittelpfeilern das obere Stockwerk häufig nur an einzelnen Punkten, nämlich unter den Tragwänden des Überbaues, belastet wird, genügt es, dasselbe aus einzelnen, voneinander getrennten Tragkörpern herzustellen. Dies ist z. B. an den Eisenbahnbrücken unterhalb Frankfurt a. M. geschehen, ferner an der Blackfriars-Brücke in London (Taf. IX, Abb. 11), woselbst jede der drei Tragwände auf 4 gekuppelten Säulen (Gufseisen) ruht. Hier setzt sich übrigens die Sonderung noch in das untere Stockwerk fort, indem jede Säulengruppe durch je einen zylindrischen Mauerkörper getragen wird.[17])

Eine ganz eigenartige Formbildung von Mittelpfeilern erscheint endlich noch an der Britannia-Brücke (Taf. VIII, Abb. 2). Dieselbe ist als Wandbrücke anzusehen, weil keinerlei Merkmal die Lage der Brückenbahn anzeigt. Statt jedoch die Pfeiler bis an die Unterkante der Tragröhre aufzuführen, erheben sie sich noch weit höher als die letztere, weil sie anfänglich dazu bestimmt waren, der Tragfähigkeit der Röhre mittels einer Hängebrücken-Konstruktion zu Hilfe zu kommen. Da dies später als unnötig erachtet wurde, so machen die Röhren jetzt leider mehr den Eindruck von Balken, welche man durch die Pfeiler geschoben hat, um dieselben gegeneinander abzusteifen, und haben von ihrer Selbständigkeit als zweites Hauptelement der Brücke bedeutend eingebüfst.

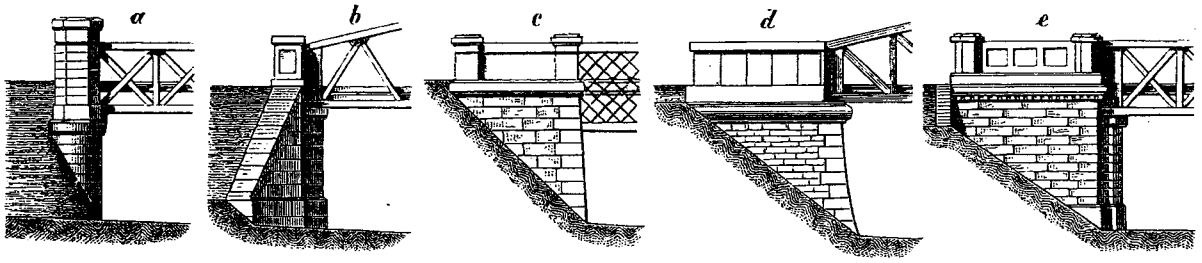
§ 12. Formen der Widerlager.[18]) Wie schon in § 7 bemerkt wurde, kommt den Widerlagern eine doppelte Aufgabe zu: Unterstützung der Tragwände und Verkehrsübergang von der Brückenbahn auf die folgenden Erdwerke oder dergl. Die Vereinigung beider Zwecke in einem Bauteil ist künstlerisch nur dann zulässig, wenn derselbe verhältnismäfsig kurz ausfällt. Diese Voraussetzung ist zunächst in der Regel bei solchen Landpfeilern erfüllt, an welche sich landwärts kleinere Öffnungen anschliefsen, z. B. bei der Mannheimer Rheinbrücke (Taf. VII, Abb. 9^{b}). Die Tragwände samt dem zu ihnen gehörigen Portal werden klar durch den rechteckigen Landpfeiler unterstützt (wobei nur ein mehr eigenartiges Traggesims zu wünschen wäre), und es durfte derselbe als einheitliche Masse errichtet werden, weil sich bei verhältnismäfsig geringer wagerechter Ausdehnung unmittelbar andere Bauteile anschliefsen. Der Sockelabsatz entspricht der Vorkopfhöhe der Mittelpfeiler und dem Sockel der weiter folgenden Stützmauern, und liegt deshalb auffallend hoch; besseren Eindruck hätte es vielleicht gemacht, wenn man diese entfernten Beziehungen aufgegeben und den Landpfeiler für sich gegliedert, somit einen niedrigeren Sockel angeordnet hätte.

Was eigentliche Widerlager im unmittelbaren Anschlufs an Erdarbeiten betrifft, so diene nachstehender Holzschnitt zur Erläuterung der möglichen Fälle. Die oben genannte Voraussetzung der Kürze (in der Richtung der Brückenachse) wird in *a* dadurch verwirklicht, dafs der Unterbau eines Mittelpfeilers geradezu als Landpfeiler wiederholt ist. Man gewinnt bei solchen Mauerkörpern, welche behufs Ersparnis tief in Erddämme oder Steinkegel eingeschoben sind, leicht den Eindruck, dafs die Tragwände den gesamten Grundrifs belasten, somit dem Widerlager eine einheitliche Aufgabe zufällt. Trotzdem befriedigt die Lösung nicht völlig, weil das Auflager der Tragwände

[17]) Allg. Bauz. 1866.

[18]) Vergl. Bd. 1, Kap. I, § 18.

Abb. 6.



versteckt liegt, während in *b* bei ebenfalls geringer Länge des Widerlagers die Teilung seiner beiden Aufgaben gefälliger erscheint. Dieses Beispiel zeigt, dafs selbst bei schräg oder senkrecht zur Brückenachse gestellten Flügelmauern der Grundsatz der Teilung wohl angebracht ist. Es empfiehlt sich hiernach auch bei solchen Wandbrücken, welche von Ufermauern abgehen, wie z. B. an städtischen Wasserläufen, wenn möglich einen schmalen Stützkörper vor die Mauer zu setzen, um ein klares Auflager der Wände zu erzielen. Sobald nun gar die Länge des Widerlagers beträchtlich ist, so tritt die Vereinigung der beiden eingangs genannten Aufgaben zu einem architektonischen Ganzen, wie in *c*, geradezu in Widerspruch mit der Bedeutung der Kräfte. Es ist nicht mehr denkbar, dafs das Gewicht der Tragwände, welches nur vorn und leider noch dazu versteckt aufruht, sich aufs ganze verteilt, und ebensowenig ist der Erdschub von gleichem Einflufs an dem vorderen schwer belasteten Teil und an den unbelasteten Flügelmauern. Unter Umständen wäre etwa noch die Lösung in *d* annehmbar, woselbst die Steinschwelle und Brüstung in künstlerischem Sinn eine Fortsetzung der Tragwand bilden, und somit der Unterbau gleichmäfsig und klar belastet wird: bei Tragwänden in Geländerhöhe mit tief liegender Bahn ein gutes Auskunftsmittel. Das zweckentsprechendste Verfahren aber zeigt sich erst in *e*, und der Vorzug solcher Formgebung leuchtet in dieser Abbildung besonders ein, weil beide Teile auch noch an Höhe erheblich verschieden sind, und der Mauerkörper ohne klare Teilung eine ganz sonderbare Gestalt erhalten würde. Lediglich die Sockelhöhe mag beiden Teilen gemeinsam zukommen, etwa entsprechend der Gliederung des Mittelpfeilers, wie überhaupt der vordere Bestandteil des Widerlagers naturgemäfs mit den Formen eines Mittelpfeilers übereinstimmt. Namentlich wo die Wandbrücke aus mehreren Öffnungen besteht, liegt es nahe, einen Mittelpfeiler geradezu zu halbieren, indem die Belastung am Widerlager beiläufig die Hälfte von derjenigen eines Mittelpfeilers beträgt. So sieht man in Taf. VII, Abb. 8 das Widerlager angemessen gesondert in einen halben Tragpfeiler mit Vorkopf, einen vortretenden Vollkörper für das Portal, und Flügelmauern zum Anschlufs an den Damm, ähnlich in Taf. VIII, Abb. 12, nur dafs hier der Halbpfeiler eckig gestaltet ist, indem zu einer Abrundung kein Bedürfnis vorlag.

Um die vorstehend erörterten Grundsätze auch unter den besonderen Verhältnissen anschliefsender Gebäudemassen zu erörtern, diene die Eisenbahnbrücke über die Mosel bei Koblenz (Taf. VII, Abb. 14). Der Widerlagkörper erhebt sich aus Befestigungsgründen über der Brücke. An seiner hohen Mauerfläche scheinen die Tragwände seitlich befestigt, denn kein abgesonderter Stützkörper, nicht einmal ein Traggesims weist auf ein Auflager hin. Im Gegenteil ist die Befestigungsstelle wie zufällig über dem vorhandenen Gesims gewählt, der Vollkörper scheinbar ohne Rücksicht auf die Brücke erbaut und letztere etwa nachträglich angesetzt. Man ergänze in der Abbildung den fehlenden Landpfeiler vor dem vorhandenen Körper, wie es bei den Wider-

lagern der Weichselbrücke bei Thorn (Taf. VII, Abb. 15) geschehen, und der Eindruck befriedigt sofort, weil Formbildung und Konstruktion in Einklang kommen. Vielleicht wurde in Koblenz der ästhetische Fehler durch militärische Rücksichten veranlafst, immerhin hätte eine höhere Lage des Gesimses direkt unter den Tragwänden die Sache verbessert. Eine entsprechende richtige Lösung zeigt die Britannia-Brücke (Taf. VIII, Abb. 2), bei welcher ebenfalls der Widerlagkörper über die Tragwände emporgeführt ist. Aber derselbe ist erstens in einen Landpfeiler und Flügelmauern zerlegt, und deutet ferner das verborgene Auflager der Röhren mittels eines kräftigen Traggesimses genügend verständlich an.

Wegen reicherer Ausstattung von Widerlagern mittels Vorsprüngen, Durchbrechungen u. s. w. folgen noch einige Bemerkungen in § 22.

§ 13. Tragwände. In der Regel besitzen Tragwände eine wagerechte Unterkante, ob die Brückenbahn unmittelbar neben derselben oder etwas höher liegt. Auch bei linsenförmigen Trägern oder Bogenträgern (S. 137, oben), über der Bahn und bei Hängebrücken ist dies der Fall, indem die Hängestangen künstlerisch zur Tragwand gehören. Der Gesamteindruck kennzeichnet sich somit wesentlich durch die Oberkante, welche wagerecht, konvex oder konkav sein kann. Bei der architektonischen Behandlung ist wie immer von der baulichen Bedeutung auszugehen, und das ist hier eine schwebende Wand. Gegen diese einfache Regel ist gleichwohl oft gesündigt worden, und zwar so, dafs man eine stehende Wand daraus gemacht hat. Namentlich an älteren verschalten Holzbrücken wurde der Träger nach Art eines Mauerwerkes mit Sockel und Hauptgesims, ja mit Pilastern ausgestattet. Dafs aber ein Sockel auf der Luft steht, dafs ein Hauptgesims als Vertreter einer schweren Fläche oben angebracht, dafs überhaupt die Druckfestigkeit von Mauerwerk statt der Biegungsfestigkeit der Wand im ganzen versinnbildlicht wurde, war durch nichts begründet.

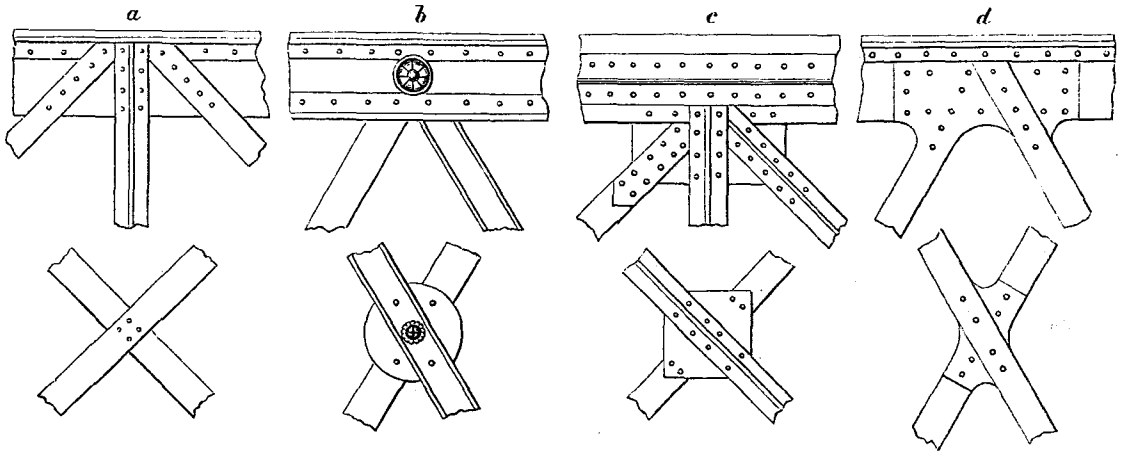
Die Grundform einer Tragwand mit wagerechten Kanten ist ein Balken, und zwar trifft die Ähnlichkeit noch besser zu, wenn man annimmt, dieser Balken sei nicht von aufsen belastet, sondern blofs selbst schwer, da bei der Tragwand die Belastung mehr oder weniger versteckt liegt. An dem Balken sind bekanntlich die statischen Funktionen in Bezug auf die Null-Linie symmetrisch, und wenn dies auch noch nicht gar lange mathematisch festgestellt worden, so hat man doch die Formbildung in der Regel nach dem Gesetz der Symmetrie vollzogen, als ältestes Beispiel schon an egyptischen und dorischen Architraven.[19]) Bei Holz und Schmiedeisen ist vermöge der Gleichheit der Festigkeit gegen Zug und Druck die Symmetrie an Balken und Wänden technisch genau; bei Anwendung von Gufseisen liegt zwar die Null-Linie nicht in der halben Höhe, man halte aber doch die Symmetrie in der Form nach oben und unten fest, um dem Nichttechniker verständlich zu bleiben. Hieraus folgt, dafs die Querschnitte und etwaigen Verzierungen der beiden Gurten einer Tragwand, sowie auch die Befestigungen der Fachwerkselemente oben und unten übereinstimmend anzuordnen seien. An verschalten Tragwänden sollen Zierglieder und Spalten symmetrisch zur Null-Linie liegen, Fensteröffnungen desgleichen und nach oben und unten symmetrisch eingerahmt werden. Sie sind gleichsam Durchbrechungen der vollen Wand, ähnlich wie bei gufseisernen Balken. Alles dies bezieht sich auf die Formbildung innerhalb der Tragwand; erhält dieselbe aber etwa noch Konstruktionsteile aufserhalb ihrer Kanten, so unterliegen dieselben nicht mehr dem Gesetz der Symmetrie; von solchen wird später die Rede sein.

[19]) Bötticher, Tektonik der Hellenen. Bd. I.

Linsenförmige Tragwände sollten, für sich genommen, natürlich ebenfalls symmetrisch gestaltet werden, wie es z. B. an den Hamburger Elbbrücken (Taf. VII, Abb. 23 und Bd. 1, Taf. IV, Abb. 7), geschehen ist. Auch wo die beiden Gurten nicht mehr genau, aber doch annähernd symmetrisch liegen, wie an sogenannten Halbparabelträgern und Trapezträgern, wird wohl noch derselbe Grundsatz anzuwenden sein. Ja wenn nur überhaupt die Anzahl der Felder so grofs ist, dafs man das Fachwerk als Ganzes aufzufassen geneigt ist, schickt sich immerhin eine symmetrische Formbildung der Wand nach oben und unten. Dies geschieht bekanntlich auch aus technischen Gründen oft an Parabelträgern, Schwedlerträgern u. dergl. Je mehr aber die obere Gurtlinie von der unteren abweicht, z. B. an kurzen, vieleckigen oder dreieckigen Hängewerkswänden, desto weniger bleibt jene Idee wahr und eigenartig, und man wird eher darauf ausgehen müssen, jedes Element gesondert zu behandeln, besonders dann, wenn vielleicht auch noch Verschiedenheit der Baustoffe dazu kommt. So wären bei kleinen Konstruktionen dieser Art Streben und Spannriegel als Druckkörper (etwa aus Holz, Gufseisen), die untere Sehne als Zugstange (vielleicht aus Schmiedeisen) zu behandeln, wofür manche Dachstühle gute Vorbilder geben. Nur bei nüchternster technischer Formbildung dürften die genannten Teile gleich oder ähnlich gemacht werden, wie es tatsächlich an Hängewerken ganz aus Holz oder ganz aus Walzeisen oft genug geschieht.

Bei der weiteren Ausbildung von eisernen Tragwänden im einzelnen kann entweder die Selbständigkeit oder die Zusammengehörigkeit der Bestandteile hervorgehoben werden. Welcher der beiden Grundsätze den Vorzug verdient und in welchem Grade dies geschieht, ist in jedem Falle zu erwägen und dann klar durchzuführen. Im Grenzfall der Selbständigkeit würden die Teile sich darstellen, wenn ihre Verbindungsstellen auf Punkte beschränkt, oder als solche hervorgehoben wären. Starke Zusammengehörigkeit wäre dagegen mittels einer solchen Vereinigung ausgedrückt, dafs die Bestandteile nur noch als Reste einer gleichsam ehemals vollen und nachträglich durchbrochenen Wand erscheinen.

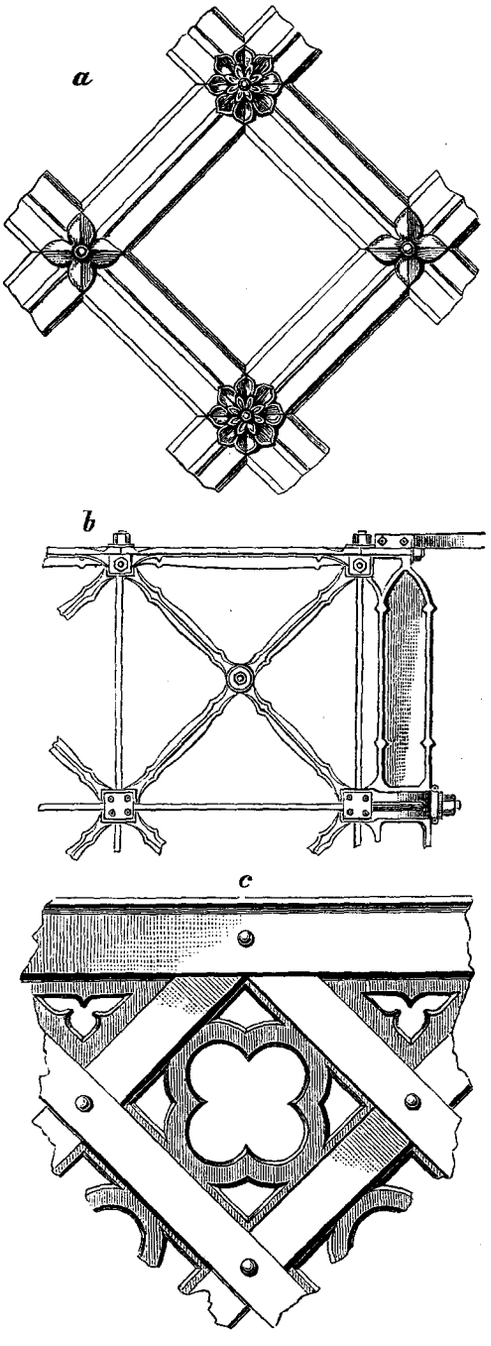
Abb. 7.



Man erkennt in vorstehendem Holzschnitt, welcher vier verschiedene Verbindungsformen für Fachwerksträger darstellt, wie eine kaum ins künstlerische Gebiet sich erhebende Technik bereits mehr nach der einen oder nach der anderen Richtung verfährt. In *a* treten die Teile roh zusammen, weder Richtung noch Verbindung sind charakterisiert. Soweit überhaupt von künstlerischen Eindrücken die Rede sein kann, wird man die Bestandteile als ziemlich selbständig ansehen. In *b* wird der Durchschnittspunkt hervor-

gehoben, und alle Glieder sind symmetrisch in Bezug auf ihre Achse gegliedert. Das Auge wird somit auf einzelne Richtungen und Knoten aufmerksam gemacht: möglichst grofse Selbständigkeit der einzelnen Elemente nach architektonischer Ordnung, welche durch weitere Hervorhebung der genannten Linien und Punkte noch energischer und reicher entwickelt werden könnte. Dabei mag der Knotenpunkt tatsächlich in einem Bolzen bestehen, oder mittels einer aufgesetzten Scheibe hervorgehoben sein (amerikanische Fachwerksträger). Die Fachwerksteile aber lassen sich durch kreuzförmige Profile, Anschwellungen zwischen je zwei Knotenpunkten, verzierte Enden gut ausbilden. Nach der Anordnung *c* ist der Durchschnittspunkt nicht mehr unmittelbar ausgezeichnet, sondern nur als Mittelpunkt einer vieleckigen Scheibe, an welche sämtliche Teile befestigt sind. Die Fachwerksstäbe erscheinen noch ziemlich selbstständig, aber doch nicht mehr so entschieden wie in *b*, und die Gurtachse trifft nicht mehr genau auf den Durchschnittspunkt jener. Von einem künstlerischen Eindruck ist bei dieser Flickarbeit kaum die Rede. In *d* endlich wird technisch ähnlich *c* verfahren, aber indem die Scheiben nicht mehr zentrale Form haben, ist die Beziehung zu Durchschnittspunkten der Elemente gänzlich aufgegeben. Auch sind die Achsen der letzteren nicht mehr ausgezeichnet, vielmehr ihre Übergänge durch Ausrundung der einspringenden Winkel betont. Wir haben somit die Zusammengehörigkeit in einfacher Form vor uns. Bei reicherer Ausbildung müfsten hier vorzüglich die Ränder zwischen voller Fläche und leeren Räumen hervorgehoben werden, um letztere als ringsum eingefafste Durchbrechungen einer Wand erscheinen zu lassen.

Abb. 8.



An Tragwänden von geringen Abmessungen dürfte sich die Anordnung *d* wohl eignen, denn hier liegt der Vergleich mit einem gufseisernen Barren nahe, welcher behufs Baustoffersparnis fensterartig durchbrochen wird. Sobald aber die Höhe zunimmt, so ist der Gedanke einer ursprünglich vollen Wand nicht mehr naturgemäfs, immerhin bleibe die Zusammengehörigkeit des Ganzen nach dem oben erörterten Symmetriegesetz aufrecht erhalten, aber doch dürfen die Gurten von der Ausfüllung, die einzelnen Teile der letzteren untereinander architektonisch gesondert werden. Die Einheit des Ganzen wird übrigens schon durch die grofse Wandebene an sich, sowie durch die ähnlichen Querschnitte aller Teile ausgesprochen, so dafs der Gesamteindruck doch niemals zu dem eines losen Haufens willkürlich zusammentretender Teile sinken kann. Gewöhnlich wird daher bei kleinen Brücken eher die Zusammenfassung, bei grofsen eher die

Sonderung am Platze sein. Der Brückenbau in Eisen liefert leider von künstlerischer Ausstattung an Tragwänden nur schwache Versuche. Einige Anhaltspunkte dazu möge vorstehender Holzschnitt 8 geben. In den zwei ersten Abbildungen desselben sind die Elemente der Fachwerke selbständig gehalten, besonders kräftig mittels der Anwendung von Gufseisen in *b* (Schiffkorn-System), welche freilich technisch nicht mehr zu billigen ist. Dagegen entspricht *c* mehr einer einheitlichen Wand, deren Elemente durch die Rosen zusammenhängen. Bei der üblichen Konstruktion aus Walzeisen sollten namentlich auch die Querflanschen beachtet werden, nicht plötzlich aufhören, wo sie rechnerisch unnötig sind, sondern bis zu anderen Flanschen weitergeführt werden, wo sie Anschlufs oder natürliche Endigung finden.

Zuweilen sind auch Tragwände aus Holz, Dachstühle in Bahnhallen u. dergl. architektonisch verziert worden. Zumeist ist dabei das Prinzip der durchbrochenen Wand unterlegt: die Konstruktionsstücke sind entkantet, rings um jedes Feld ausgeschnittene Ornamentsäume befestigt, auch wohl die Felder des Gerippes mit durchbrochenen Bretterfüllungen geschlossen. Natürlich bilden ganze Verschalungen an hölzernen Fachwerksträgern die Grenze dieser Auffassung einer „vollen Wand".

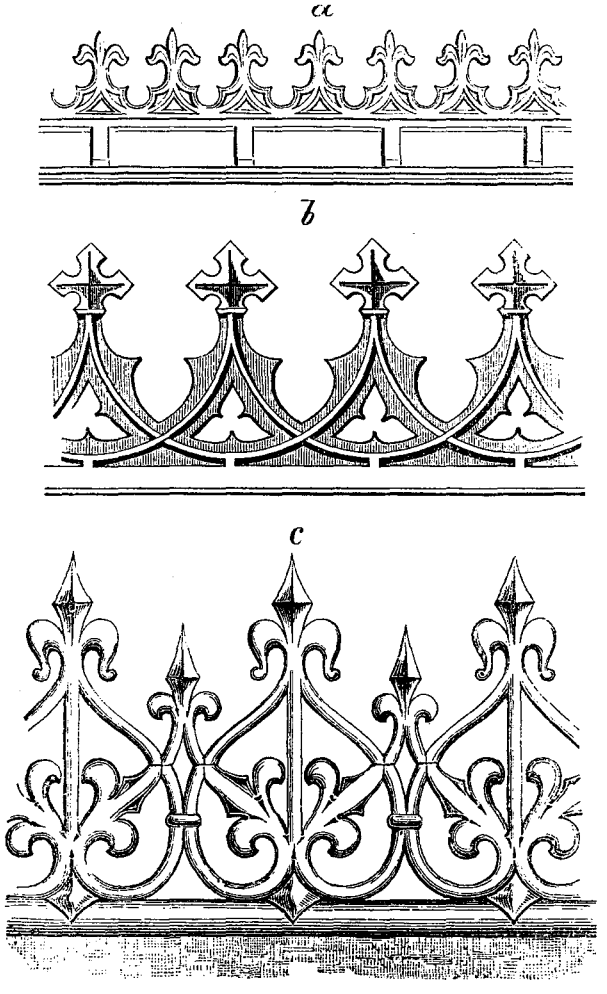
Es erübrigt noch, die Grundsätze für die Formbildung an Hängebrücken zu berühren, sei die tragende Konstruktion ein Seil oder ein Linsenträger oder ein Bogen. Die Teilung der Wand in diese tragende Konstruktion und in Hängestangen ist so klar, dafs man wohl nicht in Versuchung kommt, etwas anderes daraus zu machen, als die bauliche Bestimmung der Teile vorschreibt. Die Brückenbahn, welche bekanntlich sichtbar bleibt, ist nach aufsen als schwere Fläche aufzufassen, welche nicht genug eigene Tragfähigkeit besitzt. Es liegt nahe, sie als Balken zu behandeln, wie ja auch bei versteiften Hängebrücken ein eigentlicher Gitterträger die Bahn in der Ansicht verdeckt. Man verwende also das Geländer etwa zu einem Gitterwerk, nach oben und unten symmetrisch, oder ordne vor dem Bahngebälk ein durchlaufendes Band mit gleichbegrenzten Rändern an. Unrichtig wäre es aber, die Längenansicht der Bahn als krönendes Hauptgesims zu verzieren.

§ 14. Sonstige Bestandteile am Überbau. Nach dem bekannten technischen Grundsatz, Konstruktionen im Freien vor Regenwasser zu schützen, werden auch Tragwände, namentlich hölzerne, mit Deckgesimsen oder Dächern versehen. Es wäre aber unvernünftig, einen deckenden Vorsprung aus dem zu schützenden Balken selbst herauszuarbeiten, denn damit gäbe man einen Teil von dessen Baustoff für den Hauptzweck: Tragfähigkeit, verloren. Auch die Kunst hat daher ein Deckgesims über Tragwänden entschieden von den letzteren abzusondern, selbständig anzuordnen. Diese Scheidung nützt beiden Teilen, und macht insbesondere die Bedeutung des für sich symmetrisch gehaltenen Barrenträgers klar. Hiernach sind dann Deckbohlen über den einzelnen Bestandteilen, abgeschrägte Bretterdecken über jeder einzelnen Tragwand, vorspringende Dächer über ganzen Brücken auszubilden (Taf. II, Abb. 2 u. Taf. III, Abb. 15, 19). Bei Dächern sollte die Tragwand von aufsen her vollständig sichtbar bleiben, damit sie als Hauptbestandteil des Überbaues, das Dach als Hilfsvorrichtung erscheine. Die Brücke ist keine Halle, an welcher die Deckung von oben wichtiger sein kann, als die Seitenwände. Deshalb möge das Dach flach sein, nicht die Wandgurten direkt als Pfette benutzen, sondern denselben als abgesonderter Bauteil aufgelegt sein. Für den Eindruck im Innern ist es wichtig, den wagerechten Schub eines Brückendaches durch zahlreiche und kräftige Sehnen sichtlich aufzuheben, damit nicht die Tragwände scheinbar aus ihrer senkrechten Stellung

weichen. Sobald sich Tragwände neben einer Brückenbahn über gewöhnliche Geländerhöhe hinaus erheben und doch noch nicht hoch genug sind, um mit oberem Querverband versehen werden zu können, so scheinen diese Wände stets nach aufsen geneigt zu stehen, denn dem zwischen ihnen auf der Brückenbahn stehenden Beobachter wird zwar die Abschätzung des unteren Abstandes, d. h. der Bahnbreite, leicht; oben jedoch fehlt ihm jeder Anhalt zum Schätzen des Abstandes, weil er in die Luft oder in einen steigenden Dachwinkel hinaufsieht und so mehr vermutet, als wirklich vorhanden. Daher auch in künstlerischer Beziehung Tragwände von der bezeichneten mittleren Höhe nicht vorteilhaft sind, vollends, wenn etwa innere lotrechte Steifen mit geneigter Kante (Blech) dazu kommen. Ein oberer Querverband ist bekanntlich auch bei unbedeckten Brücken von beträchtlicher Wandhöhe technisch notwendig, und sollte kräftig in die Augen fallen, um als künstlerisches Gegenstück zur Brückenbahn zu genügen. Passend wäre es, die vier einspringenden Winkel des Kastens, sowohl die unteren als die oberen, mittels Bügen oder Blechdreiecken abzusteifen, und bei sorgfältiger Behandlung etwa einen das Kastenprofil einfassenden Rahmen daraus zu machen. Dadurch wird das Innere der Wandbrücke zu einer Torbrücke, wie es am schärfsten die Röhrenbrücken (Britannia-Brücke) ergeben.

Das Deckgesims oder Dach wird, wo es fehlen darf, also namentlich an eisernen Tragwänden, wohl durch eine Verzierung auf der Oberkante ersetzt. Sie bildet entweder ein fortlaufendes Ornament ohne Unterbrechung, wofür in Abb. 9 einige Motive angegeben sind, oder entspricht dem Einteilungsschema der Wand, rhythmisch unterbrochen (Sophien-Brücke in Wien[20]), oder besteht auch wohl nur aus einzelnen Spitzen über den Hängestangen und derartigen ausgezeichneten Punkten, während die Zwischenräume leer bleiben (Augarten-Brücke in Wien, Abb. 10). Leider gibt es erst wenige Brücken, welche sich eines solchen wirksamen Schmuckes bedient haben, statt mit einer nackten Kante abzuschliefsen; die Motive wären besonders den verzierten Firstlinien von Dächern zu entnehmen. Es ist in der Tat eine Bekrönung für die Wand und als solche zu formen. Das Ornament mufs als unnötig für die statische Bestimmung des Trägers, abgesondert von dessen Gurten, frei aufstehen. Es ist ferner bei solchen durchbrochenen Säumen Vorsicht hinsichtlich geeigneter Massen und Verhältnisse gegen den Luftraum zu brauchen. Einfache leicht fafsliche Silhouetten

Abb. 9.



[20]) Allg. Bauz. 1876, Bl. 82.

geben die beste Wirkung. Die Reihung hat sich nach der Gesamtlänge zu richten, je beträchtlicher diese, desto weiter auseinandergezogen sei die einzelne wiederholte Kunstform, je kürzer der ganze Saum, desto mehr nähere sich das Einzelglied der Senkrechten. Verkehrt wäre es, wagerechte Linien durchzulegen, wohl gar eine Art Geländer daraus zu machen, denn die Ausschmückung soll ohne solchen Halt fest erscheinen und als Erzeugnis des letzten Überschusses an Tragkraft die Beziehung von unten nach oben eigenartig hervorheben.

Von der oberen zur unteren Kante übergehend, finden wir auch hier unterhalb der Wand zuweilen ein Ornament, ja mehr als dies: Teile der Brückenbahn, Köpfe von Unterzügen oder Hängestangen. Die Gesetze für die Formbildung sind dieselben wie oben, sofern man alles Stehende zu Hängendem macht. Es entsteht demnach leicht Symmetrie zwischen den Verzierungen der beiden Kanten einer Tragwand (Innbrücke bei Passau[21]), welche mit dem Gesetz für die letztere selbst übereinstimmt und insofern wünschenswert ist. Allein notwendig wäre dies nicht, weil die Bedeutung dieser Verzierungen aufserhalb der Wand doch etwas andersartig ist, auch gegen deren Fläche weit zurücksteht, und es dürfte im allgemeinen die obere Ausschmückung als Krönung und wegen ihres deutlicheren Abstehens gegen die Luft den Vorrang verdienen. Mittels einer herabhängenden Verzierung gewinnt man den Vorteil, von der Wand jede Erinnerung zu entfernen, als sei ihre Unterkante ein Fufs zum Stehen, sie wird vielmehr mit einer durchbrochenen oder gezackten Einsäumung deutlich schweben. Bei verschalten Brücken können dazu die Enden der Schalbretter dienen, aber nicht in unmittelbarer Fortsetzung der Wandfläche, sondern von dieser abgesondert durch eine Leiste oder dergl., welche der Unterkante der eigentlichen Tragkonstruktion entspricht und unterhalb welcher dann die Enden als besonderer hängender Saum erscheinen, ähnlich wie in Abb. 53. Etwaige Köpfe von Hängesäulen, Unterzügen, Querschwellen mögen diesen Saum in regelmäfsigen Abständen unterbrechen und selbst mit Schutzbrettern oder Schnitzwerk geschmückt werden.

Die künstlerisch vorteilhafteste Lage der Brückenbahn bei Wandbrücken ist entweder die eben erwähnte, wobei einzelne Bestandteile unterhalb der Tragwand erscheinen, aber nicht als durchlaufend schwere Fläche, sondern als leichte Verzierungsformen — oder aber jene, wo die Bahn gänzlich hinter der Wand versteckt liegt. Ein dritter, und zwar ungünstiger Fall ist derjenige, wenn die Bahn höher als die Unterkante liegt, aber ihre Bestandteile in der Ansicht bemerkbar macht, sei es durch durchgesteckte Unterzüge oder einen freitragenden Fufsweg. Alles dies stört die Einheit und die Symmetrie der Wand, und deshalb auch die Klarheit des Eindruckes. Wie mifslich ein Fufsweg wirkt, zeigt z. B. ein Vergleich zwischen der Kölner und Dirschauer Brücke. Immerhin sollte er nicht absichtlich hervorgehoben, sondern so behandelt werden, dafs er wenigstens für den fernstehenden Beobachter die Gesamtfläche der Tragwand möglichst wenig unterbricht.

Die etwa gewünschte architektonische Ausstattung der Brückenbahn von unten ist leicht nach der Bedeutung der Einzelteile zu entwerfen: Unterzüge, Längsbalken, Querschwellen, Decke. Jedes tragende Stück ist gewöhnlich an seinen Seitenflächen ganz oder grofsenteils sichtbar und dann an diesen als „Balken“ zu behandeln. Oben kann ein vorspringender Rand zum Auflager der folgenden untergeordneten Bauteile dienen; die unteren Kanten dagegen mögen gebrochen oder gegliedert sein, um der

[21]) Klein, Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen.

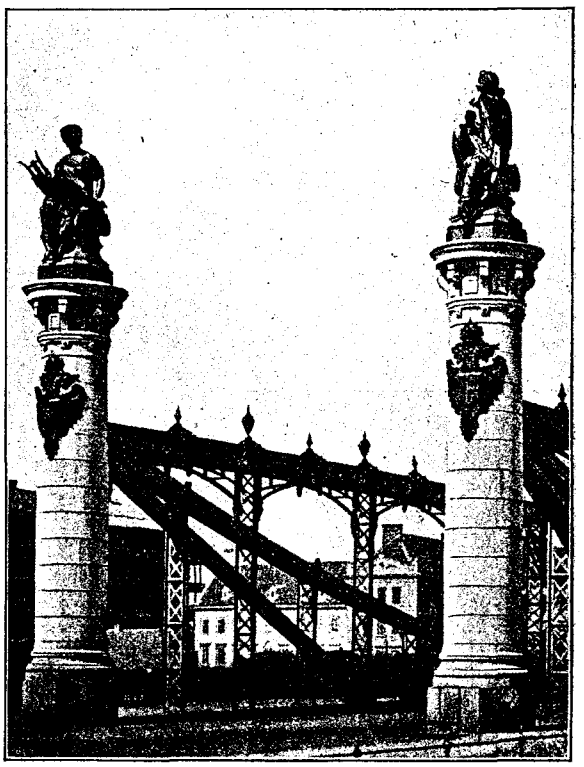
Unteransicht ein leichteres Ansehen zu erteilen. Die rechteckigen Felder der Decke, welche zwischen Lang- und Querschwellen entstehen, können als eingeschlossene geometrische Abbildungen verziert und umrahmt werden, wobei die gewöhnliche Regel gilt, zufolge deren ein Rahmen seine Formbildung vom Eingerahmten empfängt.

§ 15. Portale. Die Enden fester Tragwände auf den Widerlagern haben an vielen Brücken Gelegenheit zu architektonischen Abschlüssen — Portalen — gegeben, obgleich bei vielen anderen, selbst beträchtlichen Bauwerken auch nur die notdürftigsten technischen Mittel für diesen wichtigen Punkt angewendet worden sind. Unbedingt notwendig sind Portale zum Auflager von Linsenträgern, und wenn sie noch höher emporragen, um so erfreulicher (Bd. 1, Taf. IV, Abb. 7 u. 9). Wo der Überbau einer Wandbrücke unmittelbar an Ufer oder Dämme anschliefst, stellt man Portale natürlich auf die Landfesten; wo aber noch Nebenöffnungen vorgelagert sind, werden sie auf Widerlagspfeilern stehen, z. B. in den soeben genannten Abbildungen. Dazu kommen zuweilen noch Unterbrechungen der Tragwände über den Mittelpfeilern, welchen bei reicher Ausstattung wohl eine gewisse Ähnlichkeit mit den Portalen gegeben wird. Unter allen so mannigfaltigen Abschlufsarten möchten drei Gattungen zu unterscheiden sein, welche im folgenden besprochen werden sollen.

Die erste Art will nichts anderes, als eben dem Überbau eine Beendigung geben, wozu aufser den notwendigen Bauteilen nur mäfsige Verzierungen aus gleichem Baustoff, Holz oder Eisen, angewandt werden. Der Querschnitt der Brücke, Tragwände, Querverband, Dach soll von der Zufahrt aus dargestellt werden. So erhalten gedeckte hölzerne Brücken gewöhnlich einen gefälligen Abschlufs durch eine Giebelwand, an welcher kräftige Pfosten oder Pfostengruppen den Tragwänden vorgesetzt sind, das Giebeldreieck schon die Anordnung des Dachverbandes zeigt, und alle Holzteile und Zwischenfelder angemessen verziert werden können. Eine platte Verschalung oder Abwalmung, wie man sie an den Enden mancher älteren Brücken findet (Abb. 32), ist unpassend und unfreundlich. Auch an eisernen Wandbrücken dürften derartige Stirnabschlüsse oft recht geeignet sein, indem sie weniger kosten, als die beliebten steinernen Portale, und unter Umständen dem architektonischen Bedürfnis noch besser genügen, wenn nämlich jene nur als Scheinbauten, ohne irgend einen baulichen Zweck oder sonstigen Zusammenhang mit der Brücke hingestellt werden. Die Elemente sind: ein kräftiger Pfosten vor jeder Wand, welcher so breit werden kann, als eben der Verkehr gestattet, jedenfalls aber mit seiner Achse vor und nicht seitlich von der Wand steht, um dieselbe klar zu repräsentieren; der obere Querverband etwas voller gehalten, etwa aus Gufs- statt aus Schmiedeisen, Büge oder Bögen in die Winkel des Kastenprofils; eine krönende Verzierung auf der Stirnseite entsprechend den etwaigen Ornamenten auf den Tragwänden selbst. Grundsatz der Formbildung wäre dabei, nicht mehr vorzustellen, als dahinter steckt, so dafs der Eingang sofort auf den Brückenquerschnitt schliefsen läfst. An Brücken, deren Tragwände am Auflager nur geringe Höhe über der Bahn besitzen (Obergurte wagerecht in Geländerhöhe oder gekrümmt) werden nach diesem Grundsatz gewöhnlich eiserne Pfosten, Laternenträger oder dergl. vor die Enden der Barren oder Geländer gestellt. Im gröfseren Mafsstabe besitzen manche amerikanische Brücken derartige Abschlüsse (Taf. VII, Abb. 19). Von europäischen Brücken zeigt Taf. X, Abb. 9 die Hälften der unter sich ähnlichen Portale für die Eisenbahnbrücken über den Donaukanal und über die Donau zwischen Wien und Stadlau. Beide geben genau die Umrisse des Überbauprofils wieder, insbesondere auch im Querverband, und

haben nach der Seite wie nach der Länge anstrebende Rippen erhalten, um dem ganzen Überbau hier einen künstlerischen Halt in der Senkrechtstellung zu geben. Bei der Donaukanalbrücke ist der Röhrenquerschnitt ihrer Gurten und Streben, bei der Donaubrücke die gebräuchliche T-Form der Gurten und breiten Pfosten als Grundgedanke im „Eisenstil“ der Portale benutzt.[22]) In England findet man den Grundsatz an den bekannten Brücken von Drogheda, Newark und Blackfriars in London[23]), jedoch auf ziemlich barbarische Art ausgebildet. Feiner sind einige neuere Abschlüsse deutscher Wandbrücken, bei welchen der Querschnitt des Überbaues im echten Eisenstil geschmückt worden. Mit grofsen Abmessungen zeigt dies die Brücke über die Weichsel bei Fordon (Taf. VII, Abb. 16, Architekt Jacobsthal).[24]) Ebenfalls mit einem Adler in Schmiedearbeit geschmückt wurde der Eingang der Strafsenbrücke über den Inn zu Braunau auf österreichischer Seite, doch überspannt der Adler mit seinen Flügeln die ganze Breite zwischen den Tragwänden (8 m), dürfte daher wohl übermäfsig grofs sein (vergl. § 4 unter 3.).[25]) Ferner ist ein Portal der elektrischen Hochbahn in Berlin zu nennen, in dessen architektonische Ausstattung auch die vom Landpfeiler aufsteigenden Streben der Fachwerkswände einbezogen worden sind[26]), sowie ein Entwurf des Architekten Möhring an der Havelbrücke zwischen Spandau und dem Eiswerder.[27]) Ein anderes reizvolles Beispiel liefert der Mühlensteg (Taf. X, Abb. 10), an welchem nicht nur der Eingang, sondern auch ein Teil der Querverbindungen im Inneren, sowie die Geländer geschmückt sind, so dafs das ganze Bauwerk einheitlich wirkt im Gegensatz zu anderen, wo nackter Überbau und verziertes Portal ohne Übereinstimmung bleiben.

Abb. 10. *Augarten-Brücke in Wien.*[28])



Die zweite Gattung von Brückenportalen verwendet steinerne Pfosten oder Türme und zwar je zwei an jedem Brückenende, symmetrisch zur Brückenachse aufgestellt. Bei Strafsenbrücken, deren Tragwände nur in Geländerhöhe die Bahn überragen, sieht man oft steinerne Geländerpfosten als Schlufspunkte vor der Achse der Tragwände (vergl. Abb. 6*b* auf S. 163). Mit einer geringen Einschränkung der Brückenbahn in ihrer Breite können Steinpfeiler selbst bei gröfseren Abmessungen angewendet, etwa auch über die Wandhöhe emporgeführt werden, so an der Karolinen-Brücke in Wien,

[22]) Donaukanalbrücke in der Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1869, Donaubrücke in der Allg. Bauz. 1870.

[23]) Allg. Bauz. 1870.

[24]) Deutsche Bauz. 1894.

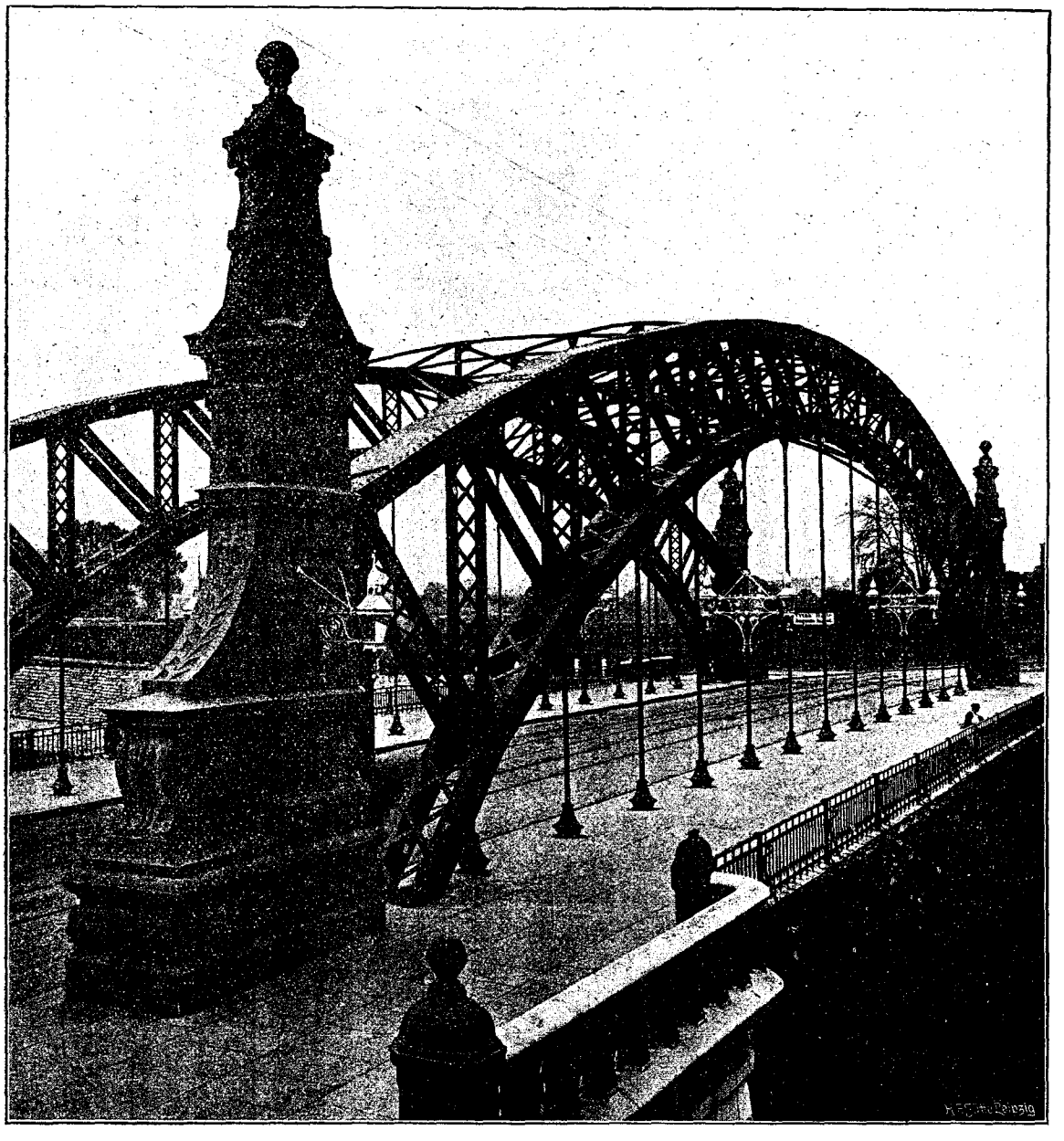
[25]) Österreichische Monatschrift für den öffentlichen Baudienst 1897.

[26]) Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 241.

[27]) Möhring, Stein und Eisen. 1. Heft.

[28]) Aus Mehrtens, Der deutsche Brückenbau im XIX. Jahrhundert. Berlin 1900, Jul. Springer.

Abb. 11. *Pafsbrücke in Breslau.*



vor welcher achteckige Pfosten ähnlich Abb. 6 *a* stehen und stattliche Laternen tragen, ferner am Nordende der Brooksbrücke in Hamburg (Taf. VII, Abb. 22), deren quadratische, mit Bildsäulen (Germania und Hammonia) geschmückte Endpfeiler einen aufserordentlich schönen Abschlufs der Tragwände bilden, und an der Augarten-Brücke in Wien (Abb. 10), in zylindrischer Form und ebenfalls mit wirkungsvollem Figurenschmuck. Vergl. auch die grofse Weserbrücke in Bremen (Taf. X, Abb. 4). Aber noch bedeutsamer als durch derartige Pfosten wird der Gedanke des Abschlusses von Tragwänden hervorgehoben, wenn ausgreifende Streben vorgestellt sind und die Wand fortsetzen, ihr gleichsam einen Widerstand gegen Verschiebung schaffen. Dies zeigt laut vorstehender Abbildung die Pafsbrücke in Breslau, an welcher die obere Wandgurte und das Strebenprofil vortrefflich in Zusammenhang gebracht sind, so dafs der Bogenschub von der Gurte bis zum Erdboden übergeleitet wird.[29]) Ein Gegenbild dazu

[29]) Mitgeteilt v. Stadtbaurat von Scholtz in Breslau, Architektur v. Stadtbaurat Plüddemann daselbst.

liefert die Kornhaus-Brücke in Hamburg, deren zwei Bogensehnen-Träger etwa 4 m höher als die Brückenbahn aufgelagert sind, um den Verkehr auf der letzteren nicht zu hemmen. So wurden 4 Auflagerpfeiler aus Granit erforderlich, welche geschmackvoll ausgebildet und vor kurzem (nachträglich) mit den Standbildern von 4 Weltentdeckern gekrönt worden sind. Die hier mitgeteilte Abbildung zeigt den Kolumbus.

Abb. 12. *Kornhaus-Brücke in Hamburg.*[30])

An solchen Wandbrücken, namentlich Eisenbahnbrücken, bei welchen zwischen den beiden Abschlufspfeilern gröfsere Breite für den Verkehr bleiben mufs, in der Regel dieselbe Breite, welche zwischen den Tragwänden auf der Brücke selbst stattfindet, folgt, dafs dieselben seitlich von den Tragwänden stehen müssen, dafs die Achsen nicht übereinstimmen. Nur sollten stets die Tragwände den Pfeilern oder Türmen möglichst nahe gebracht werden, um an denselben wenigstens für das Gefühl einen Haltepunkt zu finden. Besonders kommt dabei der Standpunkt vor der Einfahrt in Betracht, wo schmale Spalten zwischen den Wänden und den Portalkörpern unvermeidlich sind (Taf. VII, Abb. 5), während sie für die Längenansicht der Brücke nicht stören. Die Spalten lassen sich wohl auch mittels eiserner Schilde noch verengen (Taf. VIII, Abb. 13). Wird aber diese Rücksicht unterlassen, und kommt vollends schiefe Richtung der Brückenachse zur Uferlinie bezw. zur Flucht des Portals dazu, so entstehen zuweilen ganz erhebliche Abstände zwischen den Tragwänden und den Portalkörpern, welche letztere dann im Gesamteindruck fast nicht mehr als Abschlüsse der Brückenwände anzusehen sind, sondern eine zufällige Ausschmückung in ihrer Umgebung bilden. In diesem losen und deshalb wenig befriedigenden Zusammenhang befinden sich z. B. die Türme am Ostende der Mainzer Eisenbahnbrücke (Bd. 1, S. 99), die Pilaster der Eisenbahnbrücke über den Sicherheitshafen in Bremen, die Wachthäuser an der Eisenbahnbrücke über die Grofse Weser in Bremen. An der Kaiserbrücke in letzterer Stadt (Taf. VII, Abb. 20[b]) stehen die Türme ebenfalls seitlich abgerückt von den Tragwänden, freilich mit den Enden derselben mittels Toren für den Fufsgängerverkehr verknüpft,

[30]) Faksim.-Repr. nach einer Photographie von Koppmann & Co., Hamburg.

aber gerade diese Tore lassen den zwischen ihnen liegenden Fahrweg um so leerer erscheinen, und einen torartigen Zusammenhang über dem letzteren um so mehr vermissen. Wollte man die Kosten für ein vollständiges Portal für die gesamte Brückenbreite sparen, so wäre es vielleicht besser gewesen, die für sich stehenden, an sich so geschmackvollen Türme ohne weitere Zutat lediglich zum Abschlufs der Tragwände zu benutzen.

Was den Aufrifs derartiger seitlich stehender Portalkörper betrifft, so sind da, wo die Wände am Auflager geringe Höhe besitzen, „Geländerpfosten“ ganz am Platze. Bei gröfserer Höhe der Wände aber eignet sich die blofse Vergröfserung derselben Grundform nicht mehr (vergl. § 4 unter 3.), weil die Tragwände zum Range von Geländern heruntergedrückt werden und das ganze Bauwerk kleiner erscheint. Einen Beleg dafür liefert z. B. die Brücke von Lorient (Taf. VIII, Abb. 8), sowie die Eisackbrücke auf der Brenner-Bahn. Nahe liegt es nun, einen Raum für Brückenwärter herzustellen, obgleich der Aufwand an Masse mit diesem bescheidenen Zweck gewöhnlich im Gegensatz stehen wird. So erblickt man an der Elbbrücke bei Meifsen (Taf. VII, Abb. 5) die in Stein ausgeführte Riesenform der bekannten Schilderhäuser, in deren Innerem in der Tat ein kleiner Hohlraum sich befindet. Künstlerisch erfreulich kann aber der Eindruck schwerlich genannt werden, um so weniger, als die Steinkörper weder in ihrer Grundrifsstellung, noch in ihrer Höhengliederung mit den Tragwänden in Bezug treten. An den Portalen der Eipelbrücke (Taf. VII, Abb. 8) dienen Eckpilaster dazu, die eben getadelte Idee eines Steinblocks wegzubringen; in gutem Zusammenhang steht auch die Bekrönung mit den Tragwänden. Am entsprechendsten erscheint jedoch die Formbildung als bewohnter Raum mit Fenstern und Türen oder Schiefslöchern, dessen Höhe auch wohl über diejenige der Tragwände emporgeführt und in mehrere Geschosse geteilt werden kann, also ein Turm. Als Beispiele für paarweise angeordnete Portalkörper sind die Eisenbahnbrücken von Mainz, Düsseldorf, Magdeburg, Thorn, Tilsit, Barby, Posen, Nymwegen, Wesel, Breisach anzuführen. Ferner besitzt die oben schon angeführte Brooksbrücke in Hamburg an ihrem Südende dergleichen Türme, deren untere Geschosse Durchgänge für den Fufsverkehr enthalten, und noch zwei Obergeschosse mit steilem Dach tragen. Die hieraus folgende beträchtliche Höhe der Türme mit verhältnismäfsig schmalem Fahrwege zwischen ihnen zeigt übrigens unseres Erachtens, dafs man sich mit dem besprochenen Kunstgedanken in acht zu nehmen hat. Ein torartiger Zusammenhang zwischen den zwei Türmen wird um so eher vermifst, je höher dieselben im Vergleiche zur Brückenbreite sind.

Zwischen den paarweise aufgestellten Türmen eines Portals erblickt man den etwaigen oberen Querverband des Brückenüberbaues, und ist dessen Nacktheit öfter hinter einem verzierten Eisenbarren oder Fufssteg versteckt, welcher von Turm zu Turm reicht (Taf. VIII, Abb. 8). So wohlgemeint dies Streben, so wenig erreicht es doch unseres Erachtens sein Ziel, weil es selbst mit dem Aufwand vieler Mittel nicht gelingt, zwischen den massigen Portalkörpern und ihrem mageren wagerechten Verbindungsstück das künstlerische Gleichgewicht herzustellen. Vollends erscheint das Verfahren unbegründet, wenn der Barren ohne Rücksicht auf die Höhenlage des Brücken-Querverbandes gelegt ist und den letzteren nicht deckt (Taf. VIII, Abb. 13). Erträglicher ist es allerdings bei zierlichen Brücken, wo schlanke Steinpfeiler und tunlichst stattlicher Querverband aus Eisen zusammentreten, z. B. am Schlütersteg in Berlin, aber völlig befriedigen dürfte die Sache nicht (Taf. XI, Abb. 6).[31])

[31]) Ausführliche Zeichnungen der im Text erwähnten Brückenabschlüsse mit paarweisen Pilastern oder Türmen finden sich an folgenden Stellen: Karolinenbrücke Wien. Deutsche Bauz. 1903. — Bremen, Brücke über den

Die vorstehend erwähnte Schwierigkeit bei getrennt stehenden Türmen wird sofort gehoben, wenn man dieselben durch kräftige Bogenkonstruktionen zu einem Tor vereinigt. Dies geschieht in der dritten Gattung von Portalen, welche wohl am meisten Anwendung gefunden hat. Zu eingehender Besprechung sollen mehrere Abbildungen auf den Tafeln und die Textabbildungen 14 bis 18 als Beispiele dienen. Letztere sind teils den ältesten Ausführungen entnommen: Eisenbahnbrücke bei Kehl 1860, Strafsen- und Eisenbahnbrücke bei Mannheim 1867 (Architekt Durm), teils den neuesten, nämlich Königsbrücke in Magdeburg (Strafse) 1903, Kaiserbrücke bei Mainz (Eisenbahn) 1904, von deren 4 Portalen hier 2 wiedergegeben sind (Architekt Schwechten). Was zuerst das Baumaterial betrifft, so wird in der Regel Steinbau gewählt, und dadurch schon mehr Unabhängigkeit vom Überbau erzielt. In Kehl (sowohl an der älteren Eisenbahnbrücke als an der neueren Strafsenbrücke), Königsberg und München (Taf. VII, Abb. 18) hat man zwar Gufseisen verwendet, aber in Formen, welche den Konstruktionsformen des Brückenbaues fernstehen, und demnach keine nähere Beziehung zu den Tragwänden wachrufen. Besonders wenig befriedigend erscheint in dieser Beziehung das Portal der Strafsenbrücke bei Kehl mit plumpen unwahren[32]) Barockformen, während die anderen, soeben genannten Portale wenigstens den allgemeinen Charakter der Zierlichkeit aus dem eisernen Überbau wiederholen. In Schandau kommt Stein- und Eisenkonstruktion gemischt vor. Die hauptsächliche Bestimmung solcher Portale ist, das ganze Bauwerk zu schmücken, und namentlich dessen Zweck als wichtige Verkehrsstrafse bedeutsam hervorzuheben, sowie zu der Benutzung gleichsam einzuladen. Aufserdem liegt die technische Aufgabe vor, hochliegende Linsenträger zu unterstützen (Taf. VII, Abb. 23), und auch die Sicherheit gegen seitliche Schwankungen hoher Tragwände bildet zwar selten einen tatsächlichen, aber doch einen künstlerischen Grund, von welchem oben schon die Rede war. Unter Umständen soll die militärische Verteidigung der Brücke mit Hilfe der Torbauten verstärkt werden, und dann pafst natürlich der Festungsstil, welcher ihnen so gern gegeben wird, und auch im allgemeinen schon für die Bestimmung eines grofsen Stromüberganges sich wohl schickt. Doch wäre bei städtischer Umgebung eher eine friedliche und vornehme Ausbildung, wie z. B. in Hamburg, Mannheim und München, angemessen.

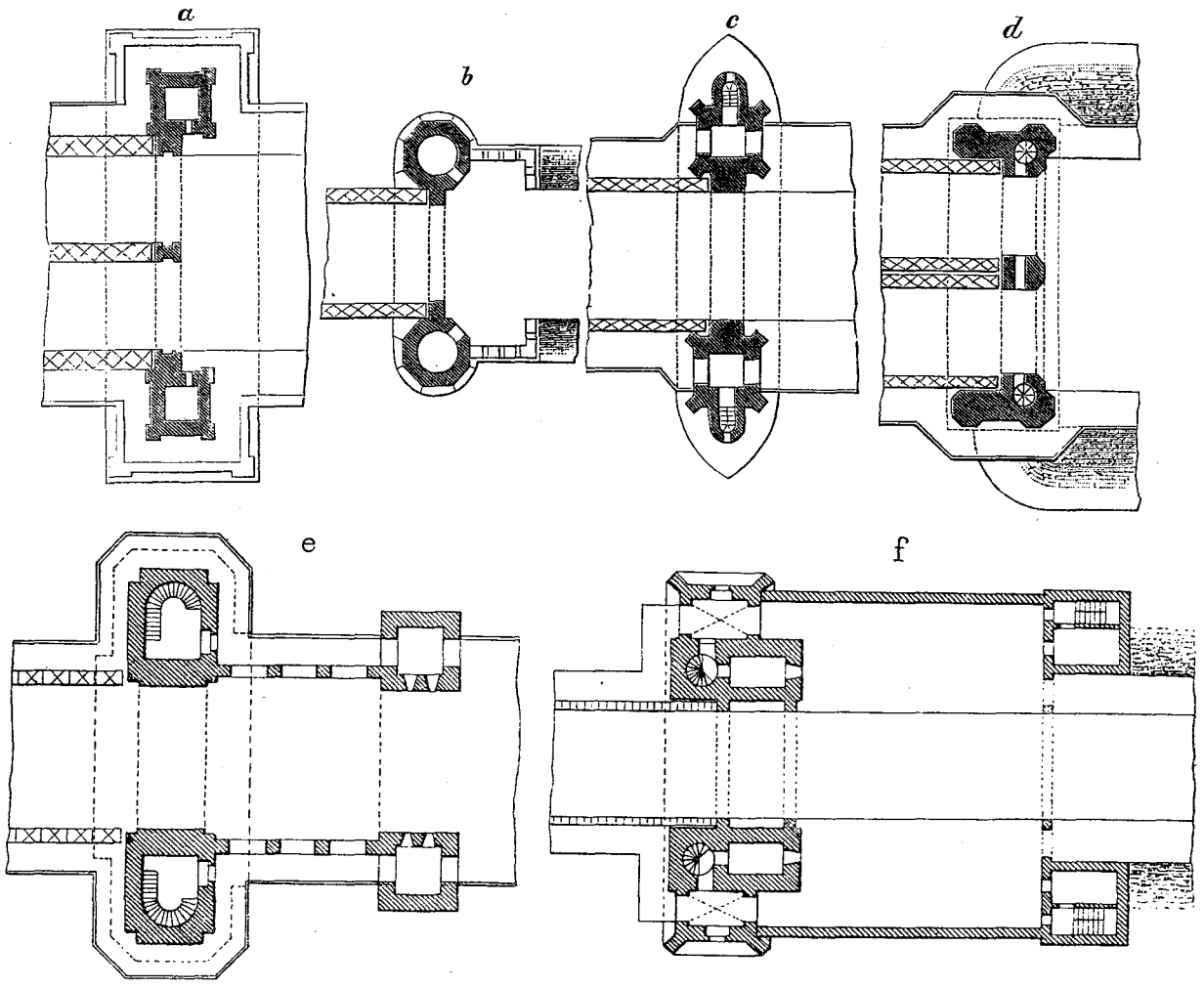
Die Anordnung des Grundrisses ergibt sich durch die Bedürfnisse des Verkehrs nach Abb. 13 fast von selbst. Zu beiden Seiten Mauerkörper, sei es rechteckig (*a*, *e*) oder vieleckig (*b*), auch wohl mit Ausbauten versehen (*c*, *f*) oder flügelartig (*d*). Zwischen diesen Körpern ein Torbogen, dessen Leibung gewöhnlich schmal gehalten wird, da er nur als Ausschmückung zu dienen hat (*a*, *b*, *f*): Kehl, Mannheim; zuweilen aber auch mit ziemlicher Tiefe durchgeführt wird (*c*, *d*, *e*), namentlich wo Belastungen zu tragen sind (Hamburger Elbbrücken) oder Wohnräume über dem Tor liegen: Mainz. Bei Brücken mit drei Tragwänden entsteht die Schwierigkeit, dafs vor der Mittelwand ein Mittelpfeiler für das Tor erforderlich ist, dessen Dicke in der Regel nicht bedeutender als die Dicke jener mittleren Tragwand sein darf, um das Verkehrsprofil nicht zu be-

---

Sicherheitshafen. Zeitschr. f. Bauw. 1868. — Bremen, Eisenbahnbrücke über die Grofse Weser. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1869. — Bremen, Kaiserbrücke. Allg. Bauz. 1876. — Eisackbrücke. Etzel, Die österreichischen Eisenbahnen, Bd. V. — Eipelbrücke. Klein, Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. — Meifsen. Zeitschr. f. Bauw. 1868. — Mainz (Eisenbahnbrücke). Klein a. a. O., Neue Folge. — Düsseldorf. Zeitschr. f. Bauw. 1872. — Thorn. Daselbst 1876. — Posen. Daselbst 1877. — Tilsit. Daselbst 1878. — Barby. Daselbst 1883.

[32]) Nachahmung von Quaderwerk aus Gufseisen! Gesamtansicht in Bd. 1, S. 98.

Abb. 13.



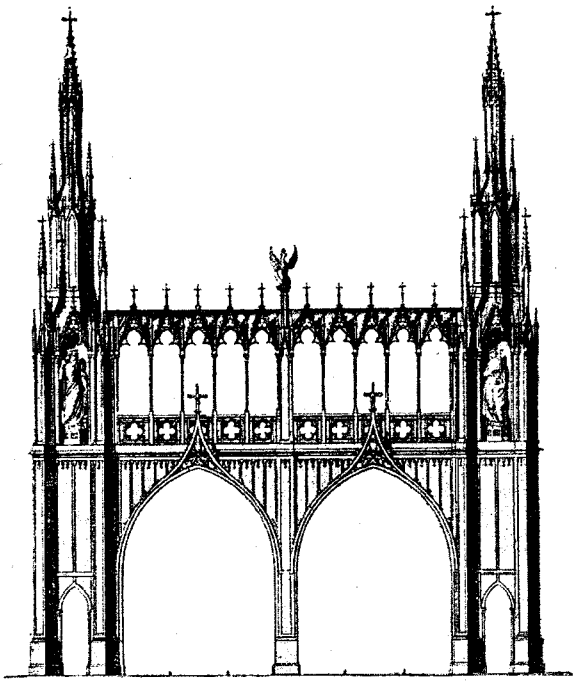
schränken (*a*): Kehl. Es empfiehlt sich nun, diese Wanddicke tunlichst grofs zu wählen oder zwei Wände nebeneinander aufzustellen (*d*), um den Mittelpfeiler sowohl technisch als künstlerisch kräftig genug machen zu können: Mannheim. Wo die durch das Portal zu führenden Bahnen ungleiche Breite besitzen, entsteht unvermeidlich eine unsymmetrische Anordnung, z. B. in Schandau (Taf. VIII, Abb. 14) für Eisenbahn, Fahrweg und Fufsweg.

Aus militärischen Gründen müssen zuweilen dem Brückenportal Mauern angefügt werden, durch welche die Landfeste ins Ufer hinein verlängert und daselbst etwa mit Wachhäusern abgeschlossen wird: Dirschau, Marienburg, Mainz. Ähnliche Motive ergeben sich aber auch durch Geschäftsräume oder Wohnungen von Brückenwärtern. Die beiden Skizzen *e* und *f* zeigen die desfallsigen wesentlichen Unterschiede. Man kann nämlich die Anschlufsmauern entweder ohne oder mit Verbreiterung des Widerlagers, entweder als Bogenreihe oder ohne Durchbrechungen anlegen, Wärterräume teils in den Türmen, teils in besonderen Baulichkeiten einrichten, zwischen den letzteren und dem Portal entweder eine Flutöffnung einschieben oder die ganze Landfeste als Vollkörper gestalten, die Wärterhäuser entweder vereinzelt errichten oder durch ein (zweites) Tor gegenseitig verbinden. Im letzten Fall entsteht ein umbauter Hof, welcher sich architektonisch reizvoll ausbilden liefse. Natürlich sind zwischen den angeführten Gegensätzen auch anderweitige Zusammenstellungen denkbar, als in *e* und *f* zu ersehen. So zeigt Taf. X, Abb. 7 eine recht gelungene Lösung (Architekt Billing); dieselbe war

zwar für eine Tragbrücke bestimmt, könnte aber ebensowohl einer Wandbrücke angepafst werden.

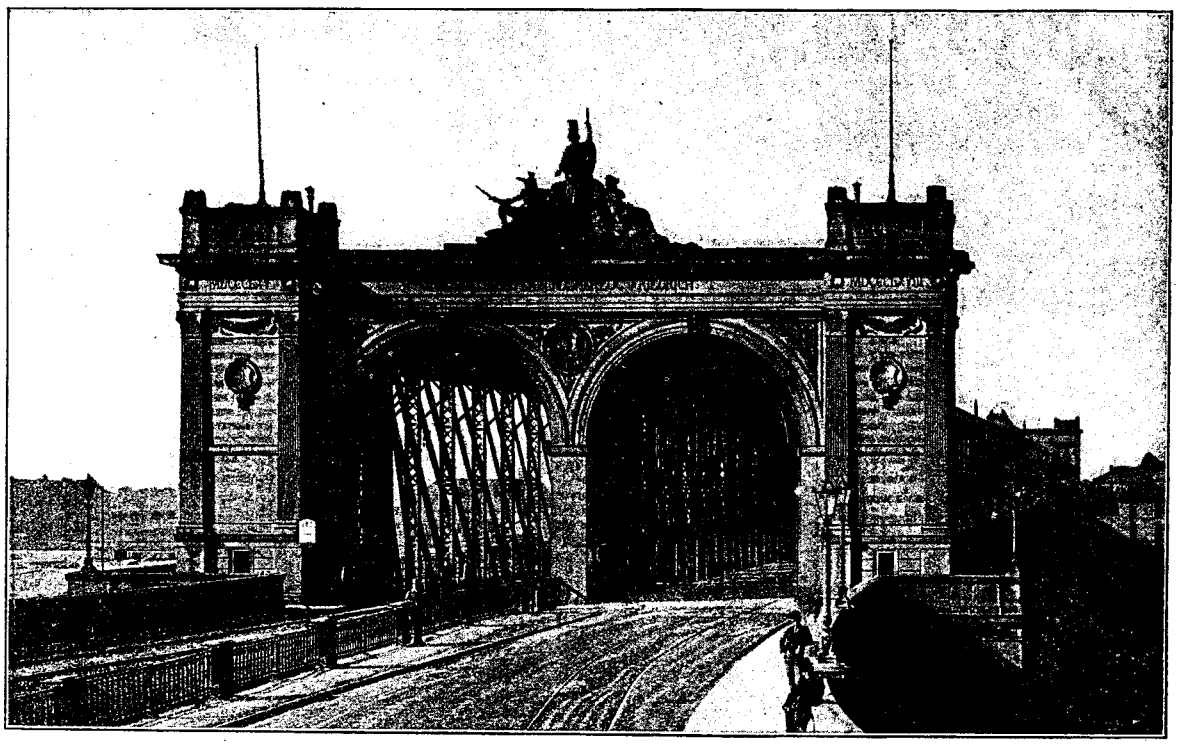
Eine grofsartige Anordnung dieser Art findet sich an der Kaiserbrücke bei Mainz auf dem linken Ufer, und die allerumfassendste in dem Entwurf für die bevorstehende Strafsenbrücke über den Rhein bei Ruhrort. Hier gehen die Mauern der Landfeste in Bogenlinien weit auseinander und sind zudem grofse ungegliederte Massen in der Architektur verwendet, während andererseits der eiserne Überbau sowohl im einzelnen als im Gesamtbild sparsam und zierlich erscheint — ein Gegensatz zwischen Stein und Eisen, welcher u. E. den Zusammenhang beider Teile auf unerfreuliche Weise unterdrückt, daher vielleicht ein Beispiel zur Warnung bieten wird.

Abb. 14. *Eisenbahnbrücke bei Kehl.*



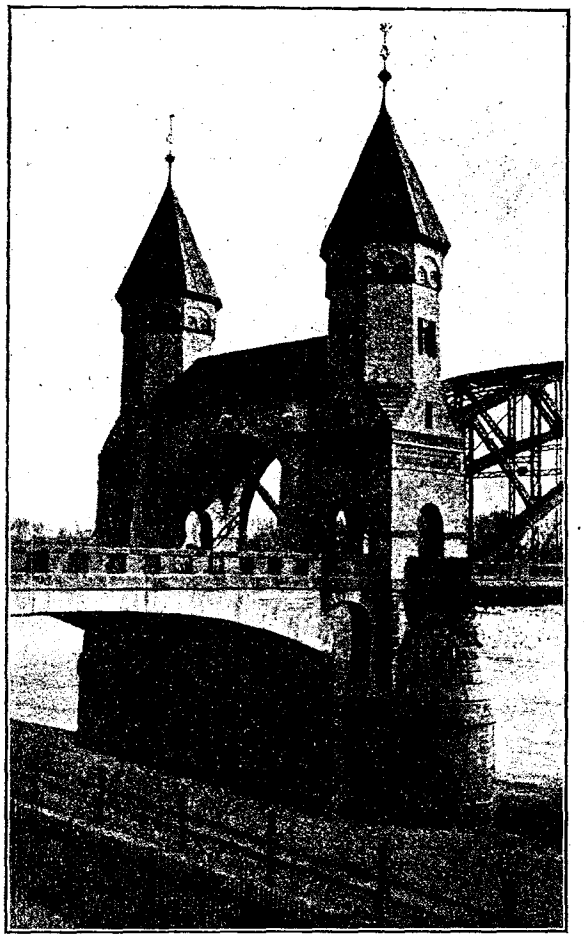
Wenn Fufswege abgesondert sind, so liegen sie entweder innerhalb der Toröffnungen (*b*): Mannheim, oder sie werden um die Aufsenseite des Portals herumgeführt (*a*, *d*, *e*): Mannheim, Mainz (linkes Ufer), oder endlich man leitet sie durch die äufseren Mauerkörper hindurch (*c*, *f*): Magdeburg, Mainz-Petersaue. Bei der Eisenbahnbrücke von Kehl wurden die beiden letzten Wege gleichzeitig eingeschlagen. Dementsprechend kommen dann die Fufswege im Überbau aufserhalb der Tragwände zu liegen, von letzteren vorgekragt, wie in *a*, *c*, *d*, *e*, *f* zu ersehen.

Abb. 15. *Eisenbahn- und Strafsenbrücke bei Mannheim.*



Was den Aufrifs dieser Brückenportale anbelangt, so hat derselbe vor allem mit der Höhe der Tragwände übereinzustimmen. Diese Höhe sollte als einziges oder Hauptgeschofs des Portals entschieden abgesondert werden, und hieraus, sowie aus der erforderlichen lichten Höhe und Breite ergeben sich auch gewöhnlich Grenzen für die Form der Torbögen, als Stichbogen, Halbkreis u. s. w. Am einfachsten wird diese Forderung erfüllt, wo eine eiserne Portalwand sich dem Querschnitt des Überbaues unmittelbar anschliefst, so in Schandau (Taf. VIII, Abb. 14). Diese Verbindung von Stein und Eisen dürfte überhaupt aus künstlerischen und aus wirtschaftlichen Rücksichten wohl zu empfehlen sein. Ferner entspricht an dem zierlichen gufseisernen Portal der Wittelsbach-Brücke in München (Taf. VII, Abb. 18) die Gesamthöhe derjenigen der Tragwände, es ist also der knappste Aufwand an Abmessungen gemacht. Um ein weniges höher als die Tragwände ist das Portal aufgeführt, welches auf den eingleisigen Linien der österreichischen Südbahn üblich ist (Taf. VIII, Abb. 12), aber doch nicht mehr, als etwa ein Geländerpfeiler die Handleiste überragt. Immerhin ist es schicklicher, wie bei der Mannheimer Rheinbrücke (Taf. VII, Abb. 9) und bei der Britannia-Brücke (Taf. VIII, Abb. 2) geschehen, die Höhe der Tragwände im Portal durchzuführen, wenn auch nicht durch ein Hauptglied. An dem Portal der Eisenbahnbrücke über die Lahn bei Nassau (Taf. VII, Abb. 21) dagegen wurde die vorliegende Forderung leider nicht erfüllt (was in der Abbildung verdeckt ist); ohne Zweifel hat dazu das Streben nach spitzbogigen Toröffnungen geführt, welche eben für die hier gegebene Wandhöhe nicht passen und demnach auch nicht hätten gewählt werden sollen. Bei anderen Brückenportalen mit hohen Bögen schaut wohl noch der Querverband des Überbaues als häfslicher wagerechter Strich durch das Tor (ältere Brücke bei Dirschau). Mit der Höhe der Tragwände genügt es gewöhnlich bei der eigentlichen Abschlufsmauer, indem nur noch etwa ein krönendes Gesims, Brüstung, Bildwerk, Dach oder dergl. aufgesetzt wird: Mannheim, Köln, Königsberg, Braunau (bayerische Seite), Harburg, Roppenheim (bei Rastatt, s. Bd. 1, S. 100), Magdeburg. Zuweilen kommt es indessen auch zu einem vollständigen zweiten Stockwerke. Dasselbe ist unter Umständen nach aufsen vollwandig, lediglich durch Blenden, Füllungen, Bildwerke belebt (ältere Brücken von Dirschau und Marienburg), oder aber mit Fenstern geschlossener Wohnräume versehen (Eisenbahnbrücke bei Worms, Strafsenbrücke bei Trarbach über die Mosel, Kaiserbrücke bei Mainz). Natürlicher und leichter aber erscheinen Durch-

Abb. 16. *Königsbrücke in Magdeburg.*[33])

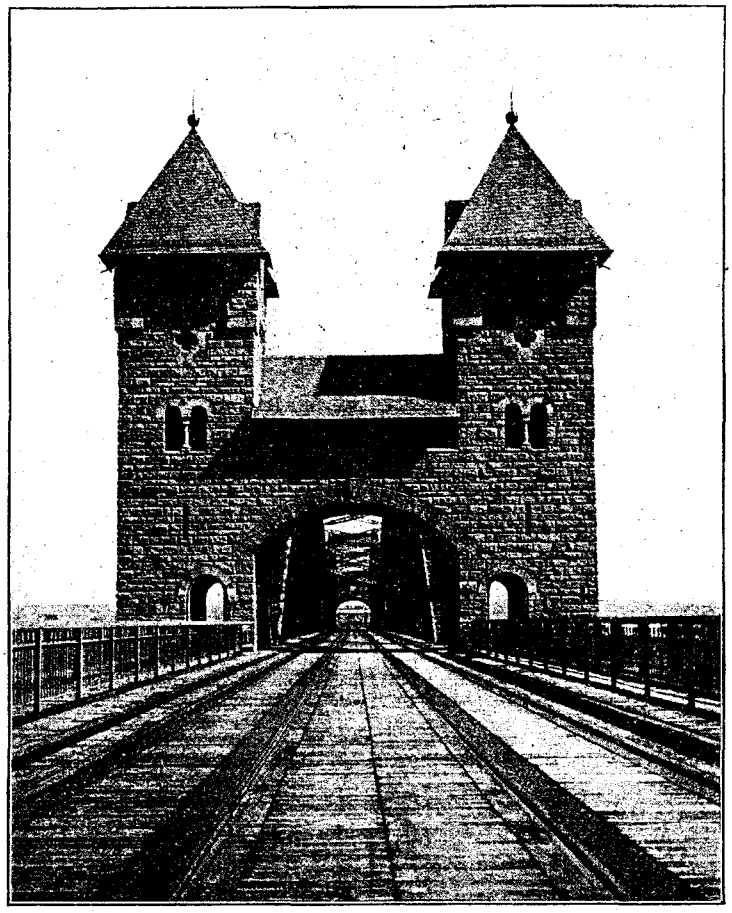


[33]) Aus: Festschrift zur Einweihung der Königsbrücke in Magdeburg. Vergl. auch Deutsche Bauz. 1903, S. 273.

brechungen als Arkaden, ein beliebtes Motiv: Eisenbahnbrücken in Kehl, Passau, Hamburg (Taf. VII, Abb. 23)[34]), Hamburger Strafsenbrücke, neuere Brücke bei Marienburg. Bei der neueren Brücke zu Dirschau ist nach Taf. VII, Abb. 17c das obere Stockwerk mit einer einzigen Öffnung durchbrochen, von gleicher Weite wie das Tor über der Brückenbahn, wodurch das letztere in seiner Bedeutung verringert wird, nicht zum Vorteil der Gesamterscheinung (vergl. Bd. 1, S. 99).

Was die Mauerkörper zu beiden Seiten der Toröffnung betrifft, so unterläfst man es zuweilen, sie abzugliedern, wobei dann das Ganze als schlichte, mit einem Tor durchbrochene Mauer erscheint, so in rohester Weise bei der Forthbrücke, ferner bei der neueren Brücke zu Dirschau (Taf. VII, Abb. 17c) und bei dem ungemein ansprechenden Entwurf zur Harburger Strafsenbrücke (s. Taf. X, Abb. 11, Architekt Stier). Zur Ausführung ist statt des letzteren das auf Taf. XI, Abb. 13 dargestellte Portal gelangt, welches zwar die eigenartigen Motive von Giebel und Strebepfeilern entbehrt, aber ebenfalls einen wohl abgewogenen einfachen Mauerabschlufs bildet. Wenn dieser Gedanke nun auch für die eigentliche Bestimmung eines Brückenportals genügt, so hat doch dessen Konstruktion in den meisten Fällen zur Verstärkung der Widerlager des Torbogens in Form von Pilastern oder von Türmen geführt. Dieselben werden zuweilen in gleicher Höhe mit der sie verbindenden Mauer abgeschlossen (z. B. Taf. VII, Abb. 18 u. 23 und Taf. VIII, Abb. 12); in der Regel aber steigen die Türme höher empor, wie das bei allen anderen dargestellten Portalen der Fall ist.

Abb. 17. *Kaiserbrücke bei Mainz. Portal auf der Petersaue.*[35])

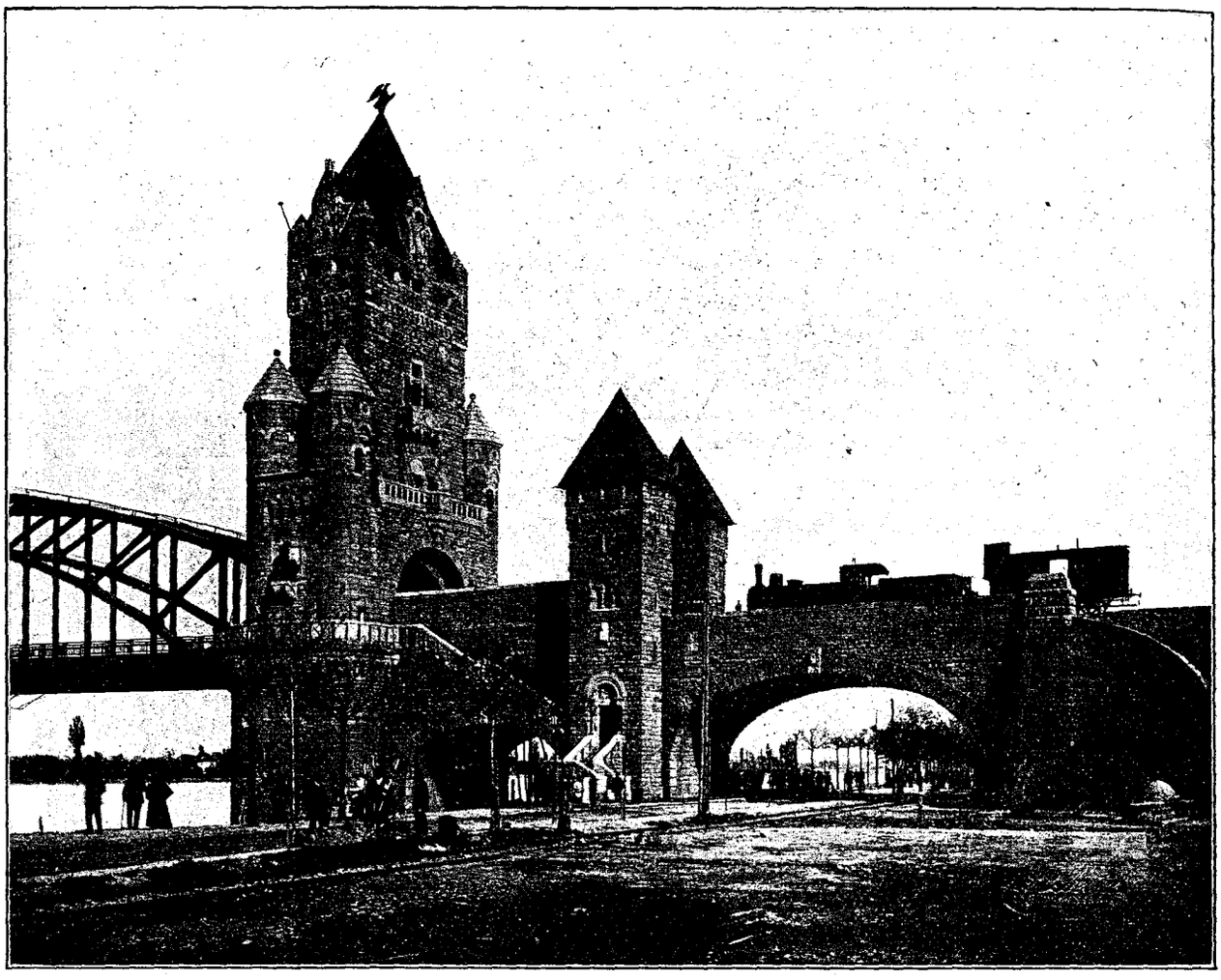


Dabei mufs das Massenverhältnis zwischen dem Torkörper und den begleitenden Türmen wohl erwogen werden. Leicht fallen die letzteren zu grofs aus gegenüber der Torwand, welche doch den Hauptzweck bildet. So dünken uns die Türme am Brückenportal in Köln allzu hoch, diejenigen in Trarbach, wenigstens auf der einen Seite (unsymmetrische Anlage), reichlich dick, während die Verhältnisse in den hier dargestellten anderen Brücken gut gewählt erscheinen. Auch beim Aufsetzen eines zweiten Stockwerks ist grofse Vorsicht anzuwenden, damit dasselbe nicht an Höhe und Masse über-

[34]) Als man vor einigen Jahren an dieser Brücke die Pfeiler verlängerte und den Überbau verdoppelte, um von 2 auf 4 Gleise zu kommen, wurde an dem Portal eine Toröffnung und ein Turm angefügt, so dafs dasselbe jetzt 2 Tore und 3 Türme besitzt, ohne damit den guten architektonischen Eindruck abzuschwächen.

[35]) Nach einer Photographie des Bau- und Betriebs-Inspektors Barth.

Abb. 18. *Kaiserbrücke bei Mainz. Portal am linken Ufer.*[36])



wiege, vielmehr umgekehrt das untere Stockwerk trotz seiner Tore als Hauptgegenstand und als tragfähig für die emporragenden Teile erscheine. In dieser Beziehung stehen z. B. die beiden Hamburger Elbbrücken im Gegensatz: Das Portal der Eisenbahnbrücke befriedigt mit den zierlichen Abmessungen seiner oberen Arkaden und den ansehnlichen Massen zu beiden Seiten des Tores, während an der Strafsenbrücke die Wucht des oberen Stockwerks — sogar noch mit Ausladungen versehen — zu schwer auf den Torpfeilern lastet. Auffallend dünkt uns auch die gewaltige Masse, welche an dem linksuferigen Portal der Mainzer Kaiserbrücke noch über dem Torkörper und dessen Ecktürmen emporragt. Es werden zwar einige praktische Zwecke angegeben: Verteidigung durch Schiefsscharten, Aufstellung von Stellwerken, Aufenthalt von Arbeitern, allein das hätte sich auch bei geringerem Körperinhalt erreichen lassen. Wir möchten bei Brückenportalen vor allem das ästhetische Gleichgewicht mit der Eisenkonstruktion, und für etwaige Innenräume einigermafsen ein Bedürfnis erkennen. In diesem Sinne scheint uns an der Mainzer Brücke das Portal auf der Petersaue besser gelungen als dasjenige am linken Ufer. Vergl. die Bemerkungen am Schlufs von § 28.[37])

[36]) Nach einer Photographie des Hof-Photographen P. Metz in Mainz.

[37]) Quellen für die angeführten Brückenportale mit Toröffnungen: Eingeschossig: Köln. Zeitschr. f. Bauw. 1863. — Mannheim. Daselbst 1869. — Königsberg. In einer Monographie von Löffler 1867. — Nassau: Sammlung von Tunnel- und Brückenportalen, herausgegeben durch die Ingenieurschule in Karlsruhe 1862.

Auch über den Mittelpfeilern erhält eine Wandbrücke zuweilen architektonische Abschnitte des Überbaues, ähnlich den Portalen an dessen Enden. Unbedingt notwendig wird das bei Linsenträgern, wo das Auflager der Tragwände höher als die Bahn liegt. So besitzt die neuere Weichselbrücke bei Dirschau auf jedem Mittelpfeiler ein Portal nach Taf. VII, Abb. 17[a, b], an welches sich beiderseits Halbzylinder entsprechend den unterstützenden Vorköpfen anschliefsen. An der neueren Weichselbrücke bei Marienburg und an der Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Hamburg kommt die gleiche Formbildung vor, jedoch dort unter Weglassung des Torbogens über der Bahn, hier mit eckigen statt halbrunden Vorsprüngen zu beiden Seiten. An der Brücke von Tilsit findet sich das Turmpaar (Taf. VIII, Abb. 13) auf jedem Mittelpfeiler genau wiederholt (dabei gelten die punktierten Linien: symmetrische Tragwände beiderseits). Aber auch dann, wenn ohne die bezeichnete Notwendigkeit Teilkörper auf den Mittelpfeilern errichtet werden sollen, sind dieselben häufig Pilaster bezw. Türme, mehr oder weniger ähnlich denjenigen an den Portalen, z. B. aus Stein in Meifsen (Taf. VII, Abb. 5), Dirschau ältere Brücke (Taf. VII, Abb. 7), Marienburg, Köln, Barby, ferner aus Eisen in Kehl, Thorn und an der Strafsenbrücke über die Elbe bei Hamburg (Bd. 1, Taf. IV, Abb. 7). Bescheidenere Abschnitte gewinnt man mittels eiserner Wandpfeiler, so an der Eipelbrücke (Taf. VII, Abb. 8) ähnlich den seitwärts ausgreifenden Rippen des Portals (Taf. X, Abb. 9), ferner an der Mannheimer Brücke (Taf. VII, Abb. 9[a]). An der Düsseldorfer Eisenbahnbrücke ist die Lücke zwischen den Enden der beiderseitigen Tragwände über einem Mittelpfeiler ausgefüllt durch eine Verknüpfung derselben mit schlichtem Fachwerk. Architektonisch feiner ist an der Kaiser-Brücke in Bremen (Taf. VII, Abb. 20[a]) verfahren, woselbst man in die Lücke ein Tor (Gufseisen) gestellt hat, weit genug zum Verkehr von Fufsgängern zwischen dem innen liegenden Fahrweg und den aufsen liegenden Fufswegen der Brücke. Als Seltsamkeit mag endlich die leuchterartige Bekrönung in Schandau (Taf. VIII, Abb. 14) erwähnt werden.

§ 16. Pilonen von Hängebrücken. An Hängebrücken erfüllen die Portalpfeiler oder Pilonen bekanntlich einen sehr wesentlichen konstruktiven Zweck. Sie sind nicht nur starker Belastung unterworfen, sondern meistens auch wagerechten Spannungen. Letztere können nur dann aufser acht gelassen werden, wenn die Pilone pendelartig auf dem Unterbau gelagert ist, um den Bewegungen der Kette jederzeit folgen zu können; verwirklicht ist indessen diese Anordnung selten (z. B. am Kettensteg in Bern, 4. Abt. des Brückenbaues, in 2. Aufl. Taf. III, Abb. 7), indem es schwierig ist, hohe Pilonen als Pendel herzustellen. Es wäre dann Aufgabe, die Beweglichkeit der Pilone auch architektonisch klarzustellen, etwa nach Art einer Bleuelstange, wogegen die Form einer Säule ganz unpassend sein würde. Mit Ausnahme dieses einen Falles sind die Pilonen immer wagerechten Kräften ausgesetzt und dieselben erscheinen sogar wichtiger, als sie es nach der Rechnung sein mögen, weil überhaupt jede Seitenkraft auffallenderen Eindruck macht, als die überall vorkommenden senkrechten Belastungen. Wo die Trag-

— Schandau. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879. — Forthbrücke. Deutsche Bauz. 1890. — Harburg. Daselbst 1897. — Braunau. Österr. Monatsschr. f. d. öffentl. Baudienst 1897. — Magdeburg. Festschrift zur Einweihung der Königsbrücke, und Deutsche Bauz. 1903.

Zweigeschossig: Ältere Brücken von Dirschau und Marienburg. Zeitschr. f. Bauw. 1855. — Neuere dergl. Daselbst 1895 und Deutsche Bauz. 1894. — Passau. Zeitschr. f. Bauw. 1866. — Hamburger Eisenbahnbrücke. Daselbst 1885. — Hamburger Strafsenbrücke. Daselbst 1890. — Kehl. Die Eisenbahnbauten bei Kehl, herausgegeben durch die Ingenieurschule in Karlsruhe 1859—60. — Trarbach. Deutsche Bauz. und Zentralbl. d. Bauverw. 1898. — Worms. Deutsche Bauz. 1900. — Mainz und Ruhrort. Deutsche Bauz. und Zentralbl. d. Bauverw. 1904.

kette innerhalb der Pilone befestigt oder in den Boden hinabgeführt ist (Taf. VII, Abb. 6), dünkt uns das einseitige Zerren besonders stark. Aber auch wo zwei Seile nach entgegengesetzten Richtungen ziehen (Tragseil und Ankerseil, oder Pilonen auf Mittelpfeilern), gelangt das Gefühl nicht leicht zur Sicherheit, weil die Beweglichkeit von Seilen eine so bekannte Sache ist, dafs bei der geringsten Überlast des Verkehrs auf der einen Seite der Pilone sofort Zweifel erregt wird, ob sie dies auch aushalten könne. Etwas geringfügiger zeigt sich der Dienst von Pilonen, wo Bauteile zur Verminderung des Schwankens vorhanden sind (versteifte Hängebrücken), oder wo die Wand zwischen einer konkaven oberen und einer wagerechten unteren Gurte zu einem wirklichen Fachwerk, vielleicht als Auslegerträger, ausgebildet ist (Taf. VII, Abb. 3 und Taf. X, Abb. 4).

Es sind demnach Körper zu gestalten, deren Anordnung darauf hinweist, dafs sie nicht blofs einen senkrechten Druck, sondern auch einen wagerechten Zug auszuhalten haben. Wenn nun Pilonen aus Stein zu beiden Seiten der Fahrbahn in einen Bau vereinigt werden, so ist ferner der Steinkörper mit einem Torwege zu versehen, welcher wegen der Standsicherheit möglichst klein gehalten wird. Es ergibt sich daher derselbe Grundgedanke wie bei Torbrücken: ein Vollkörper gegen Seitenschub mit durchbrochener Öffnung und es liegt gewifs nahe, mit den in § 9 und 10 gegebenen Einzelheiten auch hier die Formbildung vorzunehmen. Selbstverständlich kann dies bei ringsum freistehenden Massen entsprechend reicher geschehen, als bei den gewöhnlichen Torbrücken, und insbesondere mögen Türen, fensterartige Öffnungen, Auszeichnungen des Kettenauflagers hinzutreten. Wenige Pilonen von ausgeführten Hängebrücken leisten diesen statischen Bedingungen Genüge, viele hingegen lassen sie ganz bei Seite. Zur Verdeutlichung werden die folgenden Beispiele dienen.

An der älteren Prager Kettenbrücke, welche vor kurzem durch eine gewölbte Brücke ersetzt wurde, stand das Portal Taf. VII, Abb. 11, wie es an vielen anderen Brücken ähnlich vorkommt. Ein Stützkörper, welcher gewifs grofse Lasten stützen kann, welcher auch seiner Masse nach wagerechte Spannungen aushalten wird. Kein Glied widerspricht der Möglichkeit, dafs Zugkräfte Widerstand finden, aber kein Glied hebt auch die letzteren eigenartig hervor. Da ist kein kräftig aufgehendes Mauerprofil, kein Strebepfeiler, nicht einmal eine Auszeichnung des Punktes, wo die Ketten anfangen, welche vielmehr wie nachträglich irgendwo befestigt scheinen. Ihre Beziehung zum Steinbau ist in der Tat eine rein zufällige; wenn man die Ketten wegliefse, würde niemand dem Portal ansehen, was sein wichtigster konstruktiver Zweck an der Brücke gewesen ist. Dafs selbst eine Vergröfserung der wagerechten Abmessungen diesen Mangel nicht verbessert, zeigen z. B. die Pilonen der beiden Kettenbrücken in Graz. An der Franz-Karl-Brücke (Taf. VII, Abb. 6) befinden sich vereinzelte Mauerkörper von beträchtlicher Länge, aber ohne jedes eigenartige Anzeichen ihrer wesentlichen Bestimmung. An der Ferdinands-Brücke ist über dem Pilonenpaar gar eine Wohnung eingerichtet.

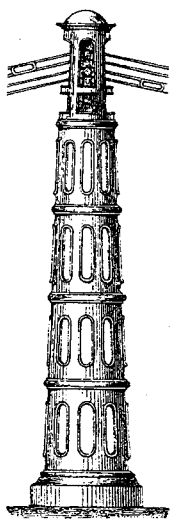
Wenn die angeführten Fälle die wagerechten Kräfte nicht beachten, so widerspricht ihnen geradezu die berühmte Freiburger Drahtbrücke (4. Abt. des Brückenbaues, in 2. Aufl. Taf. II, Abb. 18). Nicht ein einfacher massiger Mauerkörper, sondern eine Anzahl von Pilastern ist es, von welcher die Seile ausgehen. Kunstformen, welche lediglich aus der Aufgabe des senkrechten Stützens abgeleitet sind, werden gewaltsam gezogen, als wenn man sie umstürzen wollte. Es hilft nichts, dafs auf der gegenüberliegenden Seite zwei Ankerseile Gegenzug bewerkstelligen, denn der Zug der gewaltigen Brückenseile überwiegt, namentlich in künstlerischer Hinsicht, beträchtlich. Ja selbst

wenn die beiderseitigen Zugkräfte künstlerisch gleiche Bedeutung hätten, so wäre sicherlich das Bruchstück eines antiken Tempels ein ungeeigneter Befestigungspunkt für gespannte Seile. Ebenso tadelnswert sind die Pilonen auf den Mittelpfeilern der neuen Tower-Brücke in London (Bd. 1, Taf. II, Abb. 11[a]): vierstöckige Häuser mit Torweg, aus deren Fenstern irgendwo Seile hinausgespannt sind. Wo wagerechte Kräfte auftreten, passen keine Bauwerke mit vorwaltender wagerechter Gliederung zwischen ruhig lastenden Schichten.

Mit den Prager Pfeilern vergleiche man diejenigen der Budapester Hängebrücke (Taf. VII, Abb. 13.)[38]) Hier tritt sofort die Wirkung eines starken Anzuges im Mauerumrifs erfreulich entgegen, welches von der Flufssohle bis zur Bekrönung nach einer im allgemeinen konkaven Linie (vergl. § 9) aufsteigt. Auch die Pilonen der Bamberger Kettenbrücke (Taf. VII, Abb. 12) genügen dem künstlerischen Verlangen. Einzeln zu jeder Seite der Brückenbahn, bestehen sie aus abgestumpften Pyramiden mit quadratischem Grundrifs, an welchen nur zu bedauern bleibt, dafs die Ketten, also die wichtigsten Bestandteile des Überbaues, aus ganz zufälligen Löchern heraustreten, deren Lage in keiner Weise bei der architektonischen Gliederung berücksichtigt worden ist. Eine bessere Gestaltung in dieser Hinsicht findet sich an der Hängebrücke über die Argen bei Langenargen am Bodensee (1. Bd., S. 28), wo der Aufnahme der Seile ein besonderer Pfeilerkopf über dem Gesims gewidmet ist. Durchaus entsprechende, wenn auch ziemlich rohe Formen besitzen endlich die Pilonen der Kettenbrücke über die Menai-Meerenge, (Taf. VII, Abb. 24): ansehnlicher Anzug, verhältnismäfsig geringe Toröffnungen, ersichtliche Befestigung der Ketten an ihren Sätteln geben die Bestimmung des Bauwerkes deutlich zu erkennen.

Wie die vorliegende Aufgabe mit den kräftigsten Elementen der Architektur gegen wagreechte Kräfte, nämlich mit Strebepfeilern, gelöst werden kann, zeigt bei bedeutenden Abmessungen und in eigentümlichen schönen Formen der Entwurf der Architekten Eisenlohr und Weigle im Wettbewerb für die Schwurplatz-Brücke in Budapest (Taf. X, Abb. 8 und Bd. 1, Taf. IV, Abb. 13). Dem wagerechten Zug der Seile auf der einen Seite des Portals halten mächtige Strebebögen auf der entgegengesetzten Seite das Gleichgewicht, durch welche verborgen die Ankerseile geführt sind. Wenn nun auch Strebebögen eigentlich gegen Schub, nicht gegen Zug wirken, fühlt man sich doch in künstlerischer Beziehung befriedigt, weil der Gesamtkörper mit weit ausgreifendem Fufs und schräg ansteigenden Linien ersichtlich mehr als eine blofse senkrechte Belastung aushalten kann.

Abb. 19.



Eiserne Pilonen von Hängebrücken sind gewöhnlich richtiger geformt, weil die Rücksicht auf ihre statische Wirksamkeit und auf Baustoffersparnis schon in den technischen Formen genauere Vorschriften erteilt, welchen sich die Kunst nur anschliefsen sollte. So zeigen die kegelförmigen Pilonen in Abb. 19 Leichtigkeit mit Widerstandsfähigkeit im Hohlkörperstil vereinigt. Zu einem guten Eindruck tragen besonders die Reifen bei, welche an jeder wagerechten Fuge vorspringen und die Sicherheit gegen Zerreifsen durch wagerechte Züge zu erhöhen scheinen. Auch die eigenartige Bekrönung zum Auflager der Ketten ist gelungen im Vergleich zu den meisten Steinpilonen. Derartige Pilonen besitzt bei

[38]) Gesamtansicht der Brücke in der 4. Abteilung des Brückenbaues, 2. Aufl., Taf. II, Abb. 4.

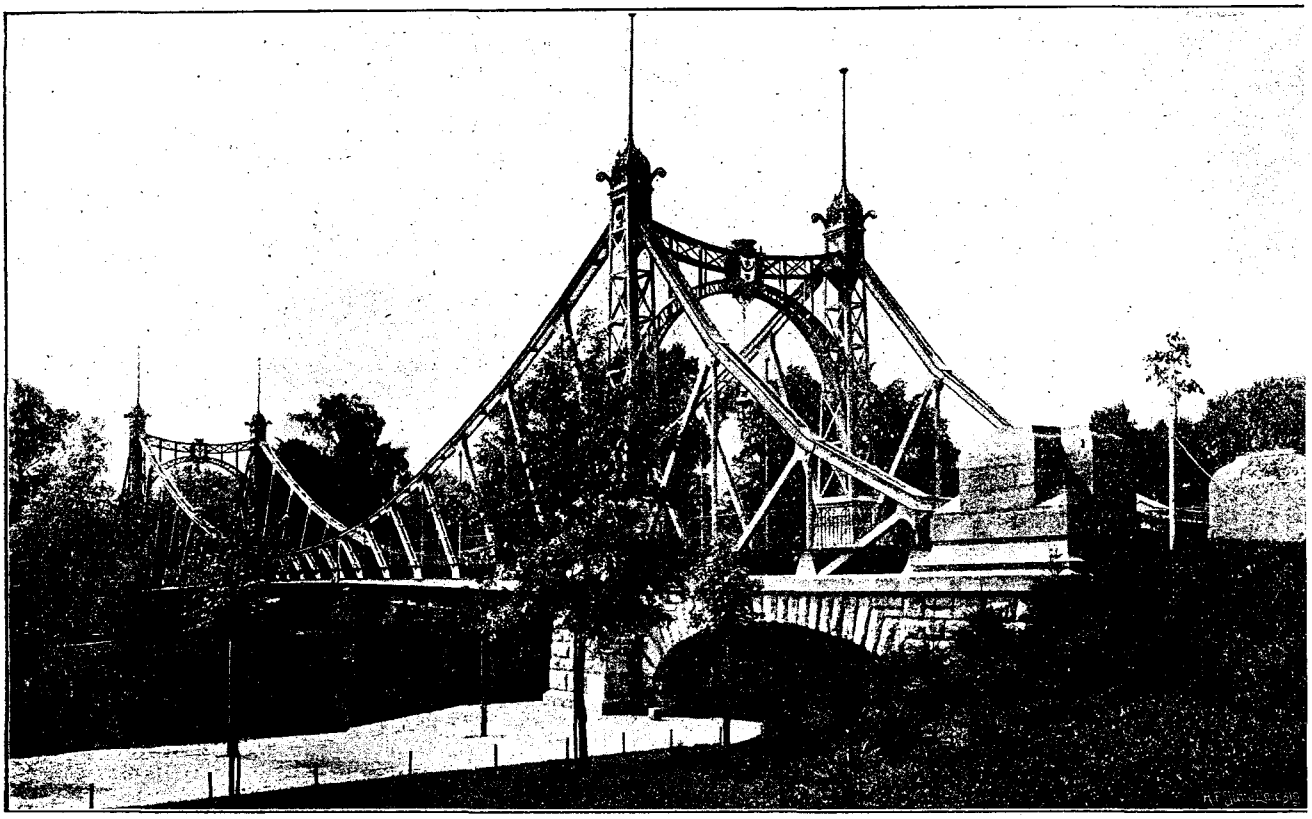
mäfsiger Höhe (8 m) die Hängebrücke von Seraing über die Maas (4. Abt. des Brückenbaues, in 2. Aufl. Taf. II, Abb. 1), in gröfseren Verhältnissen die Hängebrücke bei Cubzac über die Dordogne (ebenda Taf. II, Abb. 13 u. 14). An der Hängebrücke zu Mühlheim über die Ruhr findet sich ein Portal (Taf. VIII, Abb. 7) mehr in den sonst üblichen Architekturformen aufgebaut und verziert, wobei aber doch die beiden Hauptgedanken: Sicherheit gegen wagerechte Kräfte und Klarheit des Kettenauflagers, vortrefflich ausgesprochen sind, sowie auch die Eigenschaften des Baustoffs in den Durchbrechungen und Verzierungen gut zum Ausdruck kommen.[39]) Gleiches Lob gebührt den neueren Hängebrücken in Budapest, nämlich der Franz-Josef-Brücke (Zollhaus-Brücke) und der Elisabeth-Brücke (Schwurplatz-Brücke), sowie der Franz-Josef-Brücke in Prag, deren aus dem Jahre 1868 stammende Pilonen vor kurzem durch Einschieben genieteter Träger verstärkt worden sind, aber die geschmackvolle äufsere Architektur beibehalten haben. Bei allen genannten zeigt sich ein Torbogen, und über demselben das Auflager der Zugketten, sowie eine Bekrönung der Pfeiler. Erwähnenswert ist ferner auch die Hängebrücke über den Monongahela in Pittsburg, deren pyramidenförmige Eisenpilonen sowohl durch einen Torbogen, als weiter oben durch Fachwerk vereinigt sind und von ihrer Spitze die Seile aussenden (Schaubild auf S. 27 im 1. Bd.).

Schon oben ist bemerkt worden, dafs bei Hängebrücken mit Fachwerkswänden der Zug im Seil bezw. in der oberen konkaven Gurte geringer erscheint, indem das Auge aufser den senkrechten Hängestangen auch schräge Bestandteile erblickt, daher eher auf eine baulich zusammenhängende Wand geleitet wird. In solchen Fällen dürfen die Pilonen wohl kühner aufsteigen, namentlich wenn die beiderseitig angrenzenden Tragwände symmetrisch gestaltet sind. Zu Belegen dienen drei Bauten, welche neuerdings an die Stelle von alten gesetzt sind, nämlich die Neckarbrücke in Mannheim (Taf. VII, Abb. 3), die Grofse Weserbrücke in Bremen (Taf. X, Abb. 4), die Salzachbrücke zwischen Oberndorf und Laufen (Taf. XI, Abb. 1). Ihnen ähnlich, nur in gröfseren Abmessungen, wurde das Portal der Franz Josef-Brücke in Budapest hergestellt. An der Grenze der künstlerischen Zulässigkeit dürften die Pilonen des Steges zwischen Frankfurt und Sachsenhausen und desjenigen über den Bahnhof in Gotha stehen (4. Abt. des Brückenbaues, in 2. Aufl. Taf. V, Abb. 1 und Taf. IV, Abb. 17). Denn zu Pilonen einer eigentlichen Hängebrücke passen die hier verwendeten schlanken gotischen Türme ebensowenig, wie der oben besprochene antike Tempel, wenngleich die beiderseits symmetrische Versteifungskonstruktion selbst für das Gefühl eines Laien etwas Standsicherheit erzeugt.[40]) Wo die äufserste Schlankheit statisch zulässig und eine Umhüllung wie in den oben genannten Bauwerken unerwünscht ist, bleibt man besser bei den

[39]) Die beiden Türme dieses Portals sind im Grundrifs quadratisch, daher die Seitenansicht desselben leicht auszudenken.

[40]) Die im Text erwähnten Pilonen von Hängebrücken sind in folgenden Quellen abgebildet: Prag. Monographie von Schnirch 1842. — Budapest. Clark, Account of the suspension bridge across the Danube 1853, Schaubild in Deutsche Bauz. 1904, S. 97. — Graz. Allg. Bauz. 1836 u. 1846. — Freiburg. Daselbst 1836. — Cubzac. Daselbst 1845. — Seraing. Daselbst 1848. — Mühlheim. Zeitschr. f. Bauw. 1851. — Frankfurt-Sachsenhausen. Frankfurt und seine Bauten 1886. — Pittsburg. Zentralbl. d. Bauverw. 1889. — Tower-Brücke. Deutsche Bauz. 1894. — Wettbewerb für Budapest, insonderheit Entwurf von Eisenlohr u. Weigle. Zentralbl. d. Bauverw. 1894 und Architektonische Rundschau 1897. — Franz Josef-Brücke in Budapest. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1897 und Zeitschr. f. Arch. u. Ing.-Wesen (Verbandsorgan) 1898. — Grofse Weserbrücke in Bremen. Zentralbl. d. Bauverw. und Deutsche Bauz. 1894. — Oberschönweide. Zeitschr. f. Bauw. 1900. — Franz Josef-Brücke in Prag. Allg. Bauz. 1900. — Salzachbrücke. Allg. Bauz. 1902. — Elisabeth-Brücke in Budapest. Deutsche Bauz. und Schweiz. Bauz. 1904.

Abb. 20. *Peifsnitz-Brücke in Halle.*[41])

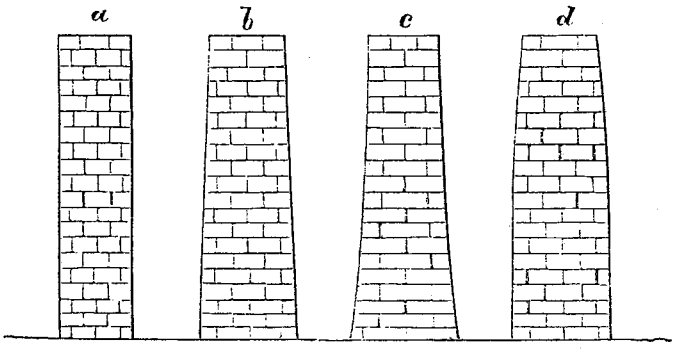


Nutzformen der Eisenkonstruktion und schmückenden Zutaten im „Eisenstil“. Ansprechende Vorbilder dieser Art geben der Kaisersteg über die Spree bei Oberschönweide mit Pendelpfeilern (1. Bd., S. 22) und die hier dargestellte Peifsnitz-Brücke über die Saale bei Halle mit Auslegerträgern, mitgeteilt vom Stadtbaurat, jetzt Professor E. Genzmer.

D. Tragbrücken.

§ 17. Aufrifs steinerner Mittelpfeiler. Während bei Torbrücken und Wandbrücken meistens ein und derselbe allgemeine Charakter wiederkehrt, entstehen bei Tragbrücken höchst verschiedenartige Gesamterscheinungen infolge der Höhenverhältnisse zwischen ihren drei Hauptelementen: Unterbau, Überbau, Brückenbahn. Die Höhe der Mittelpfeiler kann unter Umständen verschwindend klein, aber auch aufserordentlich grofs ausfallen. Für das Verhältnis zwischen Höhe und Dicke derselben sind zunächst bekannte technische Betrachtungen, bezw. Rechnungen mafsgebend, deren theoretische Ergebnisse aber wohl im-

Abb. 21.



[41]) Photograph: E. v. Brauchitsch, Halle. Faksim.-Repr.

mer um ein Gewisses gesteigert werden, so dafs die Dicke und namentlich die Form der Seitenflächen eines Pfeilers einigermafsen auch nach künstlerischem Bedürfnis gewählt werden darf. Man hat die in Abb. 21 dargestellten vier Grundformen für die Begrenzungslinien des Pfeileraufrisses, nämlich: *a* senkrecht, *b* geradliniger Anzug, *c* konkav, *d* konvex, und es ist die Wahl unter denselben hier, wo es sich um grofse Höhen handeln kann, wichtig.

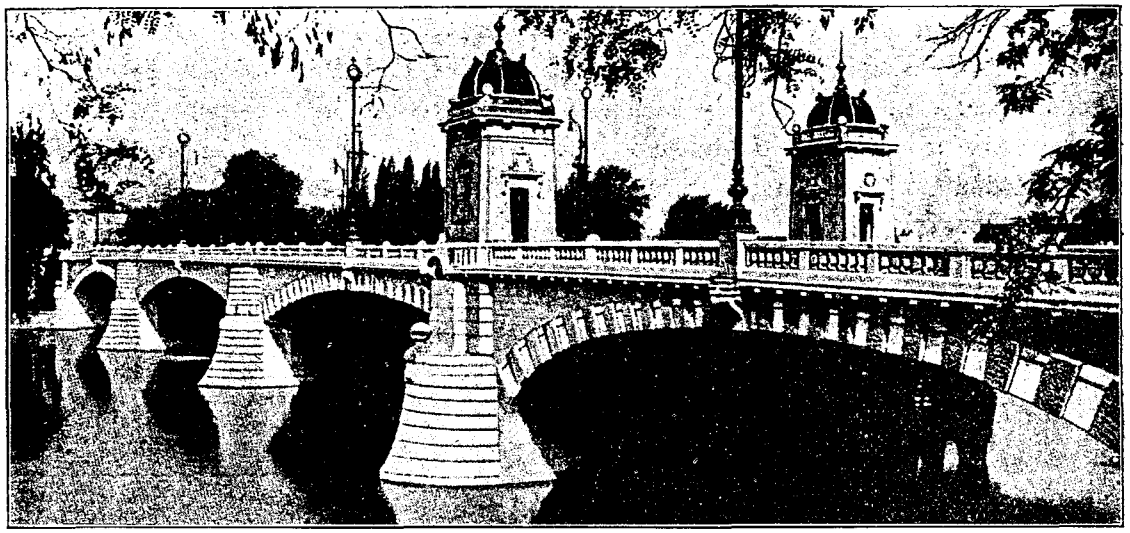
Zu der ersten Form *a* ist zu bemerken, dafs senkrechtes Mauerwerk einem untenstehenden Beobachter überzuhängen scheint, infolge der Augen-Täuschung, dafs man die Längen der beiden Sehstrahlen nach dem Fufs und dem Kopf des Mauerkörpers für nicht so verschieden hält, als sie es tatsächlich sind. Wenn man nun die Dicken des Pfeilers, welcher mit allen in Wirklichkeit senkrechten Kanten überzuhängen scheint, vergleicht, so wird er oben dicker aussehen als unten. Dieser ungünstige Eindruck steigert sich mit der Höhe des Pfeilers selbst, und um ihn zu vertilgen, ist ein geringer Anzug nach oben immer passend, wo dann der Beobachter den Schein des Senkrechten bekommt. Bei weitem die meisten ausgeführten Pfeiler besitzen den geradlinigen Anzug *b*, sowohl bei geringer als bei beträchtlicher Höhe, nicht blofs als Kunstgriff für das Auge, sondern in wohl erkennbarem Grade. In der Tat entspricht ja auch die stetige Zunahme der Dicke von oben nach unten der geläufigen Vorstellung, dafs das Eigengewicht des Pfeilers in eben demselben Mafse von oben nach unten zunimmt. Zuweilen wird das Schrägmafs an der Vorderseite eines Pfeilers beträchtlicher angelegt, als an seinen Leibungsflächen (Taf. IX, Abb. 7), wie es der Standsicherheit hoher Bauwerke durchaus entspricht. Berechnet man jene Zunahme des Eigengewichtes von oben nach unten, auf Grund der Forderung, dafs in allen wagerechten Schnitten gleiche Einheits-Belastung, also auch gleiche Druckbeanspruchung auf die Flächeneinheit stattfinde, so erhält man die konkave Form *c*. Anwendbar ist dieselbe besonders bei grofser Höhe, z. B. bei dem 40 m hohen Mittelpfeiler der Gotthardbahn-Talbrücke zu Amsteg[42]), kann aber auch schon bei gewöhnlichen Pfeilern gut aussehen, z. B. Taf. IX, Abb. 21 und Bd. 1, Taf. III, Abb. 8*c*. Eine sehr starke Ausbiegung würde jedoch schwächlich, an der Grundfläche breit gequetscht erscheinen. Diese Grenze dürfte in Taf. IX, Abb. 15 erreicht, vielleicht überschritten sein. Zur Abwehr bei Eisgang wie in ästhetischer Beziehung empfiehlt sich wohl an bedeutenden Strompfeilern ein stärkeres Ausgreifen der Konkave am Vorkopf, wie es z. B. an der Strafsenbrücke in Mainz, an der Carola-Brücke in Dresden, an der nachstehenden Kaiser Franzens-Brücke in Prag geschehen ist.[43]) Vergleicht man damit die geradlinige Form in Taf. VII, Abb. 5, so leuchtet der Vorzug der Konkave ein. Dafs die konkave Form zugleich Widerstand gegen Schubkräfte von innen entwickelt (§ 9), ist von geringer Bedeutung, weil der Unterschied zwischen den Verkehrslasten zweier benachbarter Öffnungen, welche allerdings bei Bogenkonstruktionen etwas wagerechten Schub hervorruft, künstlerisch vernachlässigt werden darf. Beachtet man vorzugsweise den Widerstand gegen Zerknicken, namentlich auch bei Erschütterungen, so würde die konvexe Begrenzung *d* die vollkommenste Lösung sein.

---

[42]) Riese, Die Ingenieur-Bauwerke der Schweiz. 1887.

[43]) Obere Mainbrücke zu Frankfurt, veröffentlicht in Zeitschr. f. Bauk. 1879. — Cannstatter Karls-Brücke in Zeitschr. f. Bauw. 1895. — Westminster-Brücke in Humber treatise on iron bridges 1861. — Kaiser Franzens-Brücke in Prag in der Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1901.

Abb. 22. *Kaiser Franzens-Brücke in Prag.*[44])



Statische Anschauungen liegen der Technik wie der Kunst unter und müssen, richtig verstanden, notwendig zu ähnlichen Formen führen, wie z. B. eine griechische Säule und eine gufseiserne Bleuelstange in dem Grundsatz der Schwellung übereinstimmen. Es gehört aber ein feines Gefühl dazu, um an Brückenpfeilern geeignete Verhältnisse einzuhalten, und ist entweder in Ermangelung desselben oder behufs erleichterter Ausführung eine Schwellung selten angewendet worden. In übertriebenem Grade ist den Pfeilern der berühmten Brücke bei Neuilly von Perronet eine Schwellung zu Teil geworden; statt gesteigerter Tragkraft entsteht nun der Eindruck des Schwulstes, wie bei einem Polster.

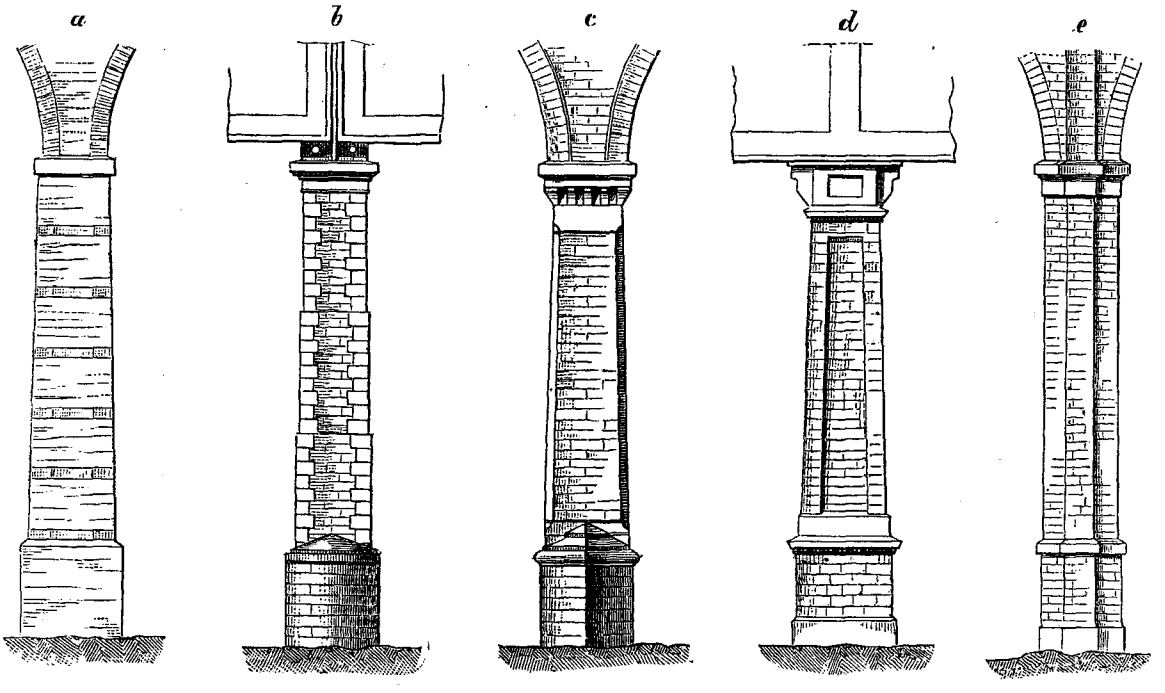
Als Stützkörper unterliegen die Mittelpfeiler von Tragbrücken der künstlerischen Forderung einer Dreiteilung in Sockel, Schaft und Kopf (vergl. § 11). Dieselbe fehlt nur an wenigen Bauwerken, z. B. an den Brücken in Cannstatt (Bd. 1, Taf. VI, Abb. 1) und Münden (Bd. 1, Taf. VII, Abb. 18) und an der Talbrücke von Schildesche (Taf. IX, Abb. 4), woselbst der Beobachter zwar über die Lage des Gewölbeanfangs nicht im Unklaren gelassen ist, aber doch ungern ein Kämpfergesims, sowie einen Sockelabsatz vermifst. Einfache Grundformen von dreigeteilten Pfeilern sind schon bei den Wandbrücken mehrfach beschrieben worden (§ 11) und hier ohne weiteres verwendbar. Bei gröfserer Höhe mag *a* in umstehender Abbildung die einfachste Grundform zeigen. Ein abgeschrägter Sockelvorsprung, eine vorgesetzte Steinschicht als Gesims, das ist alles, aber auch genügend, um den Pfeiler nach unten und nach oben abzuschliefsen und die Durchleitung der Last bis in das Fundament anzudeuten. Diese Formbildung geht anderwärts durch Zierglieder unterstützt und geschmückt in reichere über und bedient sich an hohen Pfeilern, wie sie eben an Tragbrücken vorkommen können, überdies einer weiteren Untergliederung, weshalb die einzelnen Teile hier noch genauer erörtert werden mögen.

Die Fläche des Sockels ist gleich, stärker oder schwächer geneigt als diejenige des Schaftes, je nach den allgemeinen Umrissen, welche der Pfeiler in der Ansicht erhalten soll. Zwischen Sockel und Schaft ist eine Abschrägung die Grundform, auch bei reicherer Gliederung (*b*), welche übrigens jederzeit massiger als die übrigen Gesimse des Bauwerkes zu halten ist. Die nächste Stufe besteht in einem vorspringenden

[44]) Aus: Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst 1901.

Sockelgesims (*c*), welches den Schutz der Sockelfläche vor herabrieselndem Wasser darstellt. Die reichste Ausbildung eines Sockels ist die zu einem vollständigen Fufskörper (*d*, *e*), was teils einen gewissen Reichtum, teils ansehnliche Höhenverhältnisse voraussetzt. Der Fufskörper ist in Sohle, Mittelstück und Sockelgesims geteilt, so dafs der künstlerische Eindruck wieder derjenige jedes richtigen Stützkörpers wird. Hierbei wäre der Absatz zwischen Sohle und Mittelstück an Höhe und Breite demjenigen schrägen Glied unterzuordnen, durch welches die zwei Hauptteile, Fufskörper und Schaft, abgesondert werden.

Abb. 23.



Der Schaft eines Pfeilers wird wohl bei bedeutender Höhe ebenfalls selbst weiter gegliedert. Am einfachsten kann dies schon dadurch geschehen, dafs die obersten und untersten Schichten anders gearbeitet werden als die mittleren, dazu etwa eingehauene Nuten zur Sonderung rings um den Schaft; ferner eine Grundrifsveränderung im mittleren Rumpf durch abgekantete Ecken, Lisenen oder dergl., während die obersten und untersten Schichten in vollem Querschnitt verbleiben (*c*). Endlich kann die Dreiteilung durch förmliche Absätze erfolgen, wo dann die untere Schicht vor dem Mittelteil des Schaftes, dem Rumpfe, wie ein untergeordneter Sockel vorspringt (*d*), und das oberste Glied bandartig den Schaft umschlingt (*e*). Alles dieses sind ja nur Erinnerungen an die Formbildung reicher Säulenschäfte, bei welchen die Kannelierung nicht hart am Sockel beginnt, sondern etwas höher, und auch schon niedriger endigt, als das Kapitäl ansetzt. Aufser solcher Untergliederung hat man einen Pfeilerschaft auch wohl mit Zwischengesimsen versehen, um seine Gesamthöhe in zwei oder mehr Teile zu zerlegen. Dies Verfahren ist aber ebensowenig zu billigen wie die Anlage von Absätzen (*b*), welche man zuweilen statt einer stetigen Verjüngung sieht[45]), weil die statische Einheit des Schaftes ohne klaren Grund unterbrochen wird. Wo aus Rücksicht auf den Baustoff senkrechte Flächen dringend gewünscht werden, wären freilich Absätze *b* immerhin noch der Anordnung *e* vorzuziehen. Das etwaige Bedürfnis, grofse Höhen zu beleben, ist ja an sich gerechtfertigt, sollte aber nicht durch förmliche Vorsprünge,

[45]) Eisenbahn-Viadukt bei Görlitz. Zeitschr. f. Bauw. 1855.

sondern durch Zwischenschichten (*a*), von anderer Farbe oder Bearbeitung befriedigt werden (vergl. § 5).

Mit Bezug auf den obersten Hauptteil, den Kopf, begnügen sich die meisten Pfeiler mit einer Gesimsschicht, deren Umrifs den beiden Aufgaben des Tragens nach oben und des Deckens nach unten entspricht (*b*). Bei reicherer Behandlung, welche gerade an diesem krönenden Bestandteil zuerst am Platze sein dürfte, wird man an kleineren Stützen (z. B. Überführungen) zu Säulenkapitälen übergehen, an grofsen Pfeilern aber einen Kragsteinfries unter das Gesims stellen (*c*). Dieses Hilfsmittel dient dazu, die Auflagerfläche des Überbaues zu verbreitern, die Spannweite zu verringern, und selbst wenn man technisch davon keinen Gebrauch machen sollte, so ist doch der hauptsächliche Dienst des Pfeilerkopfes eigenartig ausgesprochen, und ein gefälliger Schmuck erzeugt. Unter Umständen werden einzelne Kragsteine unter Tragwänden vorzugsweise bedeutend vorgekragt, und die Gesimsplatte entsprechend weit ausgelegt (*d*).

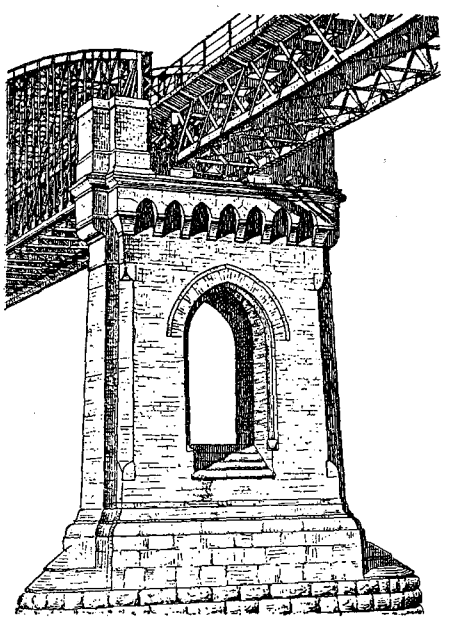
Um in der beschriebenen Mannigfaltigkeit der Glieder sich zurecht zu finden, möge man beim Entwerfen mit der Dreiteilung der Hauptglieder beginnen. Dann erst kommt die etwaige Unterteilung, wobei zu beachten, dafs die Gliederung eher nach oben als nach unten reicher zu entwickeln ist. Selbstverständlich mufs auch die Bedeutung eines der Unterglieder nicht erheblicher hervortreten, als die eines ganzen Hauptstückes, also z. B. das Fufsgesims nicht kräftiger als der ganze Kopf erscheinen. Im übrigen können die Verhältnisse der Höhenteilung nicht in Formeln gefafst werden, sondern beruhen auf den mannigfaltigsten Umständen: Dicke und Höhe, Abstand des Beobachters, Umgebung, Belastung, Baustoff, Schattenwirkung u. s. w.

§ 18. Grundrifs steinerner Mittelpfeiler. Den natürlichen Grundrifs an einem stützenden Steinkörper von überwiegender Länge gegen die Breite bildet ein Rechteck. Es gibt aber mehrere Umstände, welche Abänderungen dieser Form und demnach verschiedene Gesamterscheinungen veranlassen.

1. **Durchbrechungen.** Besteht der Überbau aus mehreren einzelnen Tragrippen, so mufs sich deren Last im Innern des Pfeilers verteilen, um dessen Grundrifs gleichförmig zu belasten. Dies ist bei geringer Höhe des Pfeilers nicht zu erwarten, und selbst bei bedeutender Höhe zuweilen nicht beabsichtigt. Denn es kann sparsamer werden, jeder Tragrippe ihren besonderen Stützkörper zu geben, statt eines gemeinsamen langen Pfeilers. Die Formbildung wird nun davon abhängen, ob die leeren Räume oder die tragenden Körper an Masse vorwalten. Im ersten Falle gelangt man zu einem Brückenjoch: jede Stütze wird in rechteckigem, vieleckigem oder rundem Querschnitt und mit der gewöhnlichen Gliederung ausgeführt, also eine Pilaster- oder Säulenreihe. Hierbei wird oft ein gemeinsamer Sockel gelassen und auch oberer Verband für das ganze Joch gewünscht, welcher in aufrechten Schwellen, Architraven oder Bögen bestehen kann. Es mögen auch die Zwischenräume steinerner Pilaster mit dünnen Wänden geschlossen werden, welche nicht tragen, sondern nur verspannen: eine ganz sinngemäfse Anwendung des antiken Grundsatzes, mit einzelnen Stützen zu tragen und die Wände blofs als Raumabschlufs anzusehen. Falls umgekehrt die körperliche Masse den leeren Zwischenräumen überlegen ist, so dürfte architektonisch die Durchbrechung eines ursprünglich massiv entworfenen Brückenpfeilers unterstellt werden, wobei die Gesetze über Torbrücken vollständig anwendbar sind. Etwa eine torartige Öffnung durch den Schaft allein, oder durch Schaft und Sockel, auch mehrere der-

gleichen übereinander oder nebeneinander auf der Leibung des Pfeilers. Als Hauptrücksicht wäre festzuhalten, dafs der Raum jeder einzelnen Öffnung nicht zu ansehnlich gegenüber der ganzen Pfeilermasse ausfällt, daher unter Umständen lieber mehrere Löcher statt eines einzigen grofsen. Ein schön ausgebildetes Beispiel eines durchbrochenen Pfeilers gibt in Abb. 24 die Eisenbahnbrücke über den Minnesund in Norwegen, zugleich den Grundsätzen in § 17 über Gliederung im Aufrifs entsprechend (s. auch Abb. 12 in Bd. 1, S. 24).

Abb. 24. *Eisenbahnbrücke über den Minnesund in Norwegen.*[46])



2. Entkantungen. Man kann die Ecken des Pfeilergrundrisses abschrägen und diese Entkantungen durch allerlei Zierglieder bereichern. Entgegen der Entkantung an torartigen Öffnungen (§ 10) mufs hier jedoch Symmetrie nach beiden Seiten des rechten Winkels beobachtet werden, weil beide gleiche Beziehung zu einer idealen Pfeilerachse haben. Indem nun das Gewicht des Pfeilers verringert, und seine Diagonale über Eck gesehen verkürzt ist, so erscheint der Pfeiler „leichter". Die Entkantung wird entweder durch die ganze Pfeilerhöhe durchgeführt (Taf. VIII, Abb. 10, oberes Stockwerk), oder auf einzelne Glieder, z. B. auf den Schaft, auf dessen Rumpf beschränkt (Abb. 23 *c*). Sie kann auch in verschiedenem Grade angeordnet werden, z. B. im Sockel schwach, im Schaft breiter, ferner mit stetiger Abnahme (Taf. IX, Abb. 1[c]), wobei die Hauptflächen des Pfeilers in gleicher Breite emporsteigen. Bei reicherer Ausstattung wäre das Einlegen eines Rundstabes in die Entkantung oder das Anbringen von Ecksäulen geeignet, um starke Pfeiler zu schmücken. Die Bedeutung der Kante, welche nach zwei Richtungen hin Flächen beendigt, und sonach gleichsam doppelt zu tragen hat, wird dadurch zusammengefafst und in einer bekannten Kunstform dargestellt. Gegen den zuweilen erhobenen Vorwurf, dafs bei Ecksäulen die statischen Verhältnisse freistehender Säulen übermäfsig gestreckt und statisch unmöglich werden, ist zu erwidern, dafs hier Anlehnung an die Mauer stattfindet, und damit der statische Dienst ein anderer geworden ist. Eine Ecksäule ist nicht eine ehemals freistehende Stütze, welcher nachträglich ein Mauerkörper angesetzt wurde (wie römische Halbsäulen mit Architrav erscheinen), sondern der Mauerkörper ist das Ursprüngliche und gibt der Ecksäule deutlich ihren Halt. Deshalb beschränkt sich allerdings eine Ecksäule am passendsten auf die vorzugsweise senkrecht wirkenden Teile, auf den Schaft des Pfeilers, und geht nicht in die wagerecht ausgestreckten Gliederungen desselben ein, wie es jene römischen Halbsäulen tun und sich dadurch unabhängig von der Mauer machen. — Weitergehend führt das Verfahren der Entkantung eines Brückenpfeilers zu Grundrissen, welche beiderseits mit einem halben Achteck endigen oder abgerundet sind.

3. Lisenen. Wo statt einer Entkantung die Verstärkung eines rechteckigen Pfeilers Bedürfnis ist, sei es aus technischen oder nur aus künstlerischen Gründen, erfolgt dies durch senkrecht vorspringende Streifen, die sogenannten Lisenen. Aus der Anwesenheit solcher Verstärkungen schliefst man, dafs der Mauerkern ohne sie nicht

[46]) Nach einer Abbildung in dem Heft der Gesellschaft Harkort in Duisburg.

sicher gegen Einflüsse sein würde, welche ihn in bekannter oder unvorherzusehender Art erschüttern oder knicken könnten. Deshalb eignen sich besonders hohe Pfeiler dazu, während gegenteils an Pfeilerflächen im Wasser solche Vorsprünge wegen des Wasserdurchflusses unzulässig sein würden. Die Lisenen werden entweder an die Ecken oder vor die Mitten der Grundrifsseiten gestellt, überdies wären an sehr breiten Pfeilerflächen noch weitere Zwischenlisenen nützlich. Bei ausgeführten Brückenpfeilern finden sich Lisenen gewöhnlich nur an ihrer Vorderseite, und zwar als Mittellisenen oder Ecklisenen (Abb. 23, *e* und *d*). Wo und wie viele Lisenen anzuwenden, hängt natürlich immer von der Gestalt der Fläche selbst ab, so dafs namentlich die Leibungsflächen zuerst damit zu versehen wären. Je höher und dünner der Mauerkörper, je geringfügiger seine Bausteine, desto nötiger scheinen Verstärkungen. Doch steige ihre Anzahl nie bis zum Vorherrschen über den Kern, welcher immer die Hauptsache bleibt.

Bei der Formbildung von Lisenen im einzelnen hat man dieselben weder mit Strebepfeilern, noch mit Pilastern zu verwechseln, wie öfter geschehen ist. Die statische Wirksamkeit von Strebepfeilern richtet sich gegen beträchtliche wagerechte Kräfte, welche an gewöhnlichen Mittelpfeilern nicht vorkommen, oder doch so unerheblich sind, dafs dieses Verstärkungsmittel dem Gesetz der künstlerischen Sparsamkeit widersprechen würde. Auch nimmt die Wirksamkeit etwaiger Erschütterungen von oben nach unten ab, daher vorspringende Streifen mindestens nicht, wie die Strebepfeiler, an Masse nach unten zunehmen sollten. Auch der Laie sieht dies wohl ein und verlangt in den unteren Teilen am Mauerkern allein Masse genug, um dem Gefühl von Unsicherheit enthoben zu werden. Nur bei sehr beträchtlicher Höhe mag das Bedürfnis der Sicherheit gegen Seitenschwankungen die Anlage eigentlicher Strebepfeiler rechtfertigen (Taf. IX, Abb. 16 und Bd. 1, Taf. XVIII, Abb. 1). Ebensowenig pafst die Beziehung zu Pilastern. Dieses sind selbständige Stützkörper, deren Zwischenräume etwa zugemauert werden mögen. An einem Brückenpfeiler aber mufs der gesamte Kern ernstlich tragen, und die Lisenen geben nur eine Beihilfe, ohne Tragfähigkeit für sich allein zu besitzen. Es ist also auf das Zusammenwachsen derselben mit der Hauptmasse des Mauerwerks grofser Wert zu legen.

Mit Lisenen sind somit vorzugsweise diejenigen Glieder eines Pfeilers zu besetzen, welche wegen grofser Höhe ihrer Beihilfe bedürfen, vor allem der Schaft, an einem vollständig gegliederten Fufskörper etwa auch dessen Mittelteil. Andere Teile brauchen aber keine Verstärkung, oder man wünscht dieselbe nicht, um den vollen Eindruck der Kraft zu behalten, z. B. an der Grundschicht des Schaftes, an derjenigen des ganzen Baues, vielleicht an dem gesamten Fufskörper eines Pfeilers. Auf dem Erdboden stehende Lisenen würden gewissermafsen diesen selbst als schwankend voraussetzen. Man vergleiche in Abb. 23: *d* mit sparsamster Anwendung und *e* mit vollständiger Durchführung von Lisenen. Ferner bedingt sowohl die gemeine als die künstlerische Sparsamkeit, dafs man nicht Vorsprünge ausführe, wo das Vorsetzen des ganzen Gliedes offenbar einfacher ist, nämlich an Gesimsen. Die sogenannten Verkröpfungen von Gesimsen, um oberhalb und unterhalb befindliche Lisenen in unmittelbare Verbindung zu bringen, machen in der Regel einen schwächlichen Eindruck, weil die Lisene pilasterartig selbständig wird und doch körperlich geringe Mafse besitzt. Nur da, wo ihre Breite so ansehnlich gewählt ist, dafs fast schon ein selbständiger Mauerkörper entsteht, wäre das Emporführen durch sämtliche Hauptgliederungen statthaft oder erwünscht. Ebensowenig gefällt uns freilich das entgegengesetzte Verfahren, die Lisene glatt durch die Gesimse emporsteigen und letztere an ihr totlaufen zu lassen.

Man sieht beide Verfahren an der Talbrücke über das Goeltal (Bd. 1, Taf. VII, Abb. 8), woselbst einige Gesimse verkröpft, andere abgestofsen sind. Nur an den Gruppenpfeilern dieser Talbrücke mit ihren breiten Vorsprüngen kommt dabei ein befriedigender Eindruck heraus. Für gewöhnliche schmale Lisenen wäre vielmehr das Verfahren so einzurichten, wie es in Abb. 23 *d* an dem Pfeilerschaft verzeichnet ist, welcher, unter Weglassung des Fufskörpers, auch als einfach gegliederter ganzer Pfeiler gelten kann. Danach springt der Sockel so weit vor, dafs er gemeinsam für den oberen Mauerkörper mit der von ihm untrennbaren Lisene dient, während oben die letztere in den Fries unter dem Gesims übergeht, mit welchem sie gleichviel vor dem Mauerkern vorspringt. Die obere Lösung erscheint, wie es in der Natur der Sache liegt, „leichter" als die untere, doch wäre es zulässig, eine der beiden gleichartig für Fufs und Kopf zu verwenden, falls man jenen Unterschied nicht wünscht. Bei reicherer Ausstattung liefsen sich die Übergänge noch feiner ausbilden, namentlich ergibt die Verbindung der Lisenen mit einer um gleichviel vorspringenden Kragsteinreihe eine gefällige Unterstützung des gemeinsam deckenden Gesimses (Taf. VII, Abb. 2).

Als Baustoff verwende man zu Mauerkern und Lisenen dieselbe Gattung, ferner dieselbe Schichthöhe und Bearbeitung. Auf diese Art wird die Zusammengehörigkeit beider Teile, von denen keiner ohne den andern bestehen kann, klar ausgesprochen. Es erscheint nichts anderes als ein Mauerkörper mit gerippten Flächen. Schliefslich soll noch davor gewarnt werden, Ansichtsflächen mit Lisenen als Rahmwerk zu behandeln. Die glatten Flächen des Mauerwerks sind freilich ringsum von Vorsprüngen eingefafst, unten Sockel, oben Gesims, seitlich Lisenen. Dies hat manchmal dazu verführt, das Vieleck als eingerahmte Bildfläche weiter zu schmücken, aber mit Unrecht. Kein Holzgerüst mit Füllungen, kein kraftloser Körper mit angeheftetem Rahmen liegt hier vor, sondern ernstlicher Widerstand gegen Belastungen, so dafs die lotrechte Richtung anders behandelt werden mufs, als die wagerechte, und die vier Seiten überhaupt verschiedenartige Bedeutung besitzen (vergl. § 9 am Schlufs).

4. Verzahnte Quaderstreifen. Den Lisenen an konstruktiver Bedeutung ähnlich sind senkrechte Quaderstreifen mit Verzahnung gegen das übrige Mauerwerk. Man findet sie sowohl an den Kanten (Abb. 23 *b*), als auf einer Fläche, welche dadurch passend eingeteilt und belebt wird. Auch die Verkleidung von Vorköpfen mit Quadern gegenüber schlicht gehaltenen Leibungsflächen gehört hierher (Taf. IX, Abb. 6). Der Unterschied vom übrigen Mauerwerk beruht auf anderer Farbe oder Schichthöhe, oder auf einem geringen Vorsprung, oder auf besonders tiefen merklichen Fugen längs der ganzen Verzahnung. Auch können diese Mittel gleichzeitig angewendet werden. In reinem Backsteinbau pflegt man mehrere Schichten zu quaderartigen Blöcken zusammenzufassen, um verzahnte Streifen zu bilden — nicht gerade sehr eigenartig für diesen Baustoff. Vor Lisenen haben solche Quaderstreifen die Klarheit des Zusammenwachsens mit dem übrigen Mauerwerk voraus, bei massigem Charakter des ganzen Baues bilden sie daher wohl eine künstlerisch wirksame Verstärkung. Dies leuchtet um so mehr ein, wenn man die öfter beliebten Quaderstreifen ohne Verzahnung vergleicht, welche man auch als Lisenen aus Quadern bezeichnen könnte, während das sonstige Mauerwerk bescheideneren Verband besitzt. Dies Verfahren ist nicht folgerichtig, weil ein solcher schmaler Quaderpfeiler ersichtlich unfähig ist, beträchtliche Belastungen zu tragen, und doch jede Verbindung mit der gleichsam nachträglich angesetzten Wand künstlerisch unterdrückt ist (s. die Widerlagerecke Taf. IX, Abb. 5).

§ 19. Vorköpfe. Wo an den Mittelpfeilern von Tragbrücken Wasser vorkommt, und demnach Vorköpfe erforderlich sind, entsteht durch die Höhenverhältnisse eine gröfsere Mannigfaltigkeit als bei den Wandbrücken, und lassen sich folgende vier Fälle unterscheiden: Der Vorkopf wird auf Sockelhöhe, auf beiläufig halbe Pfeilerhöhe, auf ganze Pfeilerhöhe, oder endlich über den Pfeiler emporragend angesetzt.

Wenn der Vorkopf entsprechend dem Hochwasserstande niedrig gegen die Gesamthöhe sein darf, so wird er passend geradezu in den Sockel oder in den Fufskörper gezogen (Abb. 23, *b* u. *c*). Dies entspricht der Idee, dafs eben der Sockel die Ausbreitung der Last auf gröfsere Grundfläche zu vollziehen hat, wozu hier nun die Fläche der Vorköpfe noch mit behilflich ist. Auch ist das etwaige Deckgesims des Sockels gewöhnlich ganz geeignet, mit um die Vorköpfe gezogen zu werden und die Kegelhaube derselben zu empfangen. Es rechtfertigt sich zuweilen, den Vorkopf noch etwas über den Hochwasserstand zu führen, um den Sockel zu erreichen, umgekehrt sich mit dem Entwurf des letzteren nach der benötigten Vorkopfhöhe zu richten, wenn beide schon ungefähr zusammenstimmen. Wo dies nicht geschieht, erscheint eben der Vorkopf nicht recht organisch mit dem Pfeiler vereinigt, sondern mehr zufällig angesetzt, z. B. an der Innbrücke bei Königswart (Taf. IX, Abb. 1[c]).[47]) Man denke sich hier gemäfs dem beigesetzten Nebenentwurf 1[d] den Vorkopf bis zur Absatzhöhe empor gebaut, und womöglich auch ein Gesims umgelegt, so wird die Formbildung sofort verbessert. Übrigens ist an diesem Pfeiler sehr geschickt die Abschrägung seines Schaftes in die Schrägfläche des Vorkopfes übergeleitet und dadurch der Baustoffaufwand für letzteren verringert.

Wenn zweitens der Hochwasserstand den Vorkopf auf etwa Mittelhöhe des Brücken-Unterbaues bedingt, so entsteht die bereits bei den Wandbrücken (§ 11) erörterte Auswahl unter drei Lösungen: entweder die Kosten des Vorkopfes auf ganze Pfeilerhöhe opfern, oder die Gesimse von Vorköpfen und Mittelteil in lebendige Verbindung nach senkrechter Richtung bringen, oder den Pfeiler in zwei Stockwerke gliedern. Die örtlichen Höhen- und Geldverhältnisse werden diese Wahl leiten. Häufiger als bei Wandbrücken wird die zuletzt bezeichnete Lösung hier vorkommen, nämlich bei hohen Pfeilern in hohem Wasserstande, wie sie Übergangswerke über bedeutende Ströme oft besitzen. Aus der verfügbaren Höhe ergibt sich gewöhnlich eine Tragbrücke, und aus den grofsen Spannweiten einer solchen Aufgabe meistens Eisenkonstruktion. Aufser den früher schon angeführten Beispielen über zweistöckige Pfeiler (Taf. VII, Abb. 9 und Taf. VIII, Abb. 14), welche auch für Tragbrücken ohne weiteres anwendbar sein würden, soll noch auf den Mittelpfeiler der Waldshuter Rheinbrücke (Taf. VIII, Abb. 10) aufmerksam gemacht werden.[48]) Jedes der beiden Stockwerke ist in Sockel, Schaft und Kopfgesims gegliedert, der Grundrifs des unteren Stockwerkes verwandelt sich innerhalb der Unterschicht des oberen in ein stark entkantetes Rechteck, die Glieder sind oben zierlicher als unten und Farbenwechsel zeichnet die Gliederungen vor den glatten Flächen aus: so hat man eine durchaus richtige und geschmackvolle Behandlung. Ferner ist in Taf. IX, Abb. 6 ein Mittelpfeiler der Neckarbrücke der badischen Odenwaldbahn bei Neckarelz dargestellt. Während das untere Stockwerk vollständig gegliedert und reich behandelt ist, und auch der Fufs des oberen sich schön entwickelt, kommt weiter oben eine gewisse Dürftigkeit zum Vorschein. Das Auflager

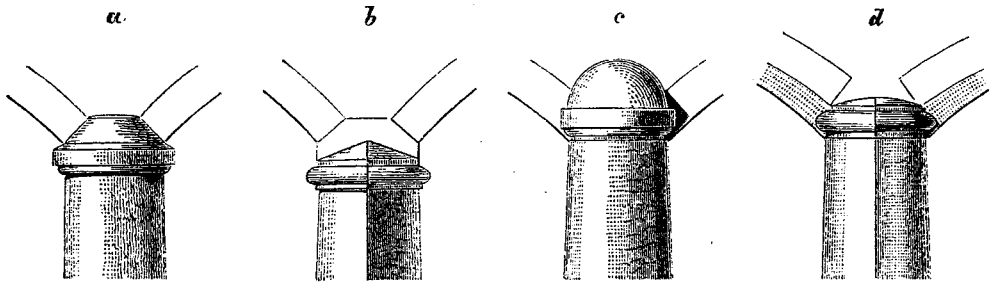
[47]) Zeitschr. f. Bauk. 1878.

[48]) Allg. Bauz. 1862.

der Tragwände — also der Hauptteilpunkt jeder Tragbrücke — ist nur durch einen schwachen Absatz bezeichnet, und nahe darunter ist ein zweiter solcher Absatz, dessen Höhenlage technisch nicht näher begründet ist. Unseres Erachtens hätte statt dieser beiden schwachen ein kräftiger Strich, am besten ein Traggesims, unmittelbar dem Überbau unterlegt, und in dieser selbigen Höhe auch der rechteckige Grundrifs ins Achteck verwandelt werden sollen; hierdurch wäre der Unterbau vom Überbau gehörig gesondert, und zugleich der an sich sehr geschmackvolle, zinnengekrönte Aufbau als drittes Stockwerk ausgezeichnet worden.

Die Höhe eines Vorkopfes kann ferner durch den Wasserstand auf ganze Höhe des Unterbaues bedingt werden. Demnach wird die letztere nicht sehr ansehnlich sein, und nur einfache Dreiteilung des Pfeilers stattfinden. Falls Tragwände den Überbau bilden, so sind es dieselben Verhältnisse wie bei Wandbrücken, und die in § 11 erörterten Regeln und Beispiele sofort auch hier giltig. Aber auch für Gewölbe, sowie für hölzerne und eiserne Bögen entstehen ganz ähnliche Unterschiede in Bezug auf die Höhenlage des Vorkopfdeckels. Abgesehen von der ganz rohen Behandlung, welche in Bd. 1, Taf. VI, Abb. 1 und in Taf. VII, Abb. 18 zu ersehen ist, kann man nämlich das Kopfgesims des Pfeilers entweder unmittelbar unter den Bogenanfang und den kegelförmigen Deckel vor denselben legen, oder beides soweit hinunterrücken, dafs die Stirnfläche am Bogenanfang vollkommen frei bleibt.

Abb. 25.



Statisch natürlicher dürfte wohl das erstere Verfahren *a* sein, doch erscheint das Einschieben einer steinernen Schwelle zwischen Pfeilergesims und Bogenanfang nach *b* zuweilen gefällig, um die Ansatzsteine von Segmentbögen nicht spitzwinklig zu machen und um die beiden Bogenanfänge in Verbindung zu bringen, und ist auch nicht gerade unrichtig. Fehlerhaft dagegen hinsichtlich der Bedeutung des Gesimses ist die Anordnung *c*, welche vermutlich von dem Wunsche geleitet wurde, die Kosten des Gesimses an der Pfeilerleibung zu sparen. Dementsprechend sind z. B. die Mittelpfeiler der Friedrichs-Brücke in Berlin (nach dem Umbau) angeordnet, ferner diejenigen der König Karls-Brücke in Cannstatt (Bd. 1, Taf. III, Abb. 8c), während bei den Widerlagern der letzteren der Sockel sinngemäfs unter dem Bogenansatz endigt. Besagtes Ziel läfst sich jedoch besser nach *d* durch eine Entkantung des Gewölbes erreichen, welche entweder gegen dessen Scheitel verläuft, oder in gleicher Breite durchgeführt werden kann. Da die abgeschrägte Fläche meist im Schatten liegt, so stört sie nicht den Eindruck einer richtigen Absonderung zwischen Unterbau und Überbau an der Stirnfläche, während beide Teile an der Leibungsfläche allerdings etwas roh, aber billig zusammenstofsen. Nach diesem Grundsatz ist die Neckarbrücke bei Ladenburg (Main-Neckar-Bahn, Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 1 bis 3) entworfen.

Eine vierte Anordnung von Vorköpfen ist diejenige, wo man dieselben höher als das Auflager des Überbaues emporführt. Dies kann bei Holz- und Eisenkonstruktionen

niemals vorkommen, weil dieselben dem Einflufs des Hochwassers entzogen werden müssen. Es handelt sich also nur um gewölbte Brücken. Statt die Pfeilhöhe zu verringern, liefs man namentlich früher das Hochwasser lieber über den Gewölbeanfang steigen, und wollte doch für die Stirnfläche der Brücke einen Schutz gegen Eisgang haben. Es findet sich diese Anordnung bei sehr vielen römischen und mittelalterlichen Brücken, wo man grofsen Wert auf halbkreisförmige Gewölbe legte, z. B. bei den ältesten Brücken in Regensburg[49]), Prag, Koblenz (Moselbrücke), Würzburg, Heidelberg (Taf. IX, Abb. 2), Paris (Pont-neuf). Aber auch neuere Brücken geben Beispiele davon, z. B. mit Korbbögen an der London-Brücke (Taf. IX, Abb. 13) und an der Gröschelbrücke in Breslau (Taf. XI, Abb. 8), und selbst bei Stichbogengewölben findet man zuweilen die Vorköpfe emporgeführt, z. B. an der A-B-C-Brücke in Nürnberg und an der Tessinbrücke bei Buffalora (Taf. VIII, Abb. 4). Abgesehen von bekannten technischen Bedenken, können wir uns mit allen diesen Anordnungen deshalb nicht befreunden, weil das Auflager des Gewölbes verdeckt wird. Selbst wenn daselbst ein Sockelabsatz besteht oder ein Gesims herumgezogen ist, spitzt sich an der Stirnfläche das Gewölbe gegen den Pfeiler allmählich zu, und scheint in einer wirklichen Spitze aufzustehen, oder vielmehr zwischen den Pfeilern eingeklemmt, und nur durch Reibung am Abrutschen verhindert zu sein. Das wäre eine passende Anschauung für Spannbögen, welche nichts zu tragen haben, sie eignet sich aber nicht für ernstlich belastete Tragbögen. Zwar braucht eine Baukonstruktion nicht in allen Einzelheiten handgreiflich und offenkundig dazustehen, um künstlerisch wahr und klar zu sein. Allein die statische Bedeutung des gesamten Organismus kann nicht empfunden werden, wenn der Übergang der Kräfte an der Verbindungsstelle der wichtigsten Glieder unsichtbar und dem Erraten anheimgegeben wird (§ 3). Mindestens darf eine Andeutung nicht fehlen. Falls man sich nun nicht mit einer etwas geringeren Vorkopfhöhe begnügen kann (wie es z. B. an der Albert-Brücke, Taf. VIII, Abb. 1 geschehen), und falls man auch nicht zur Eisenkonstruktion übergehen will, so bietet sich ein zweckmäfsiges Hilfsmittel in den sogenannten Kuhhörnern, welche ja auch in technischer Beziehung die ganze Schwierigkeit des vorliegenden Falles durch verbesserten Einzug des Wassers mildern. Hiernach wird immerhin dem Stirnbogen ein sichtbares Auflager zu Teil, an der Leibungsfläche aber kommt nur dann ein befriedigender Zustand heraus, wenn sie unmittelbar von einem Sockelabsatz aufsteigt (Taf. XI, Abb. 12 und Textabb. 22, ferner Bd. 1, Taf. VI, Abb. 12 u. 29), während es bei einem höher liegenden Gewölbeansatz an der klaren Gliederung in Unterbau und Überbau fehlt (Abb. 25 *c*). Ähnlich den Kuhhörnern, jedoch nicht so entschieden, wirkt die bei der Luitpold-Brücke in Würzburg (Taf. X, Abb. 12) gewählte Anordnung, bei welcher die Oberlinien der Gewölbe durch das Vorkopfgesims und die kräftigen Gewölbe selbst durch den Vorkopf zusammenhängen (vergl. Bd. 1, Taf. VI, Abb. 23). Endlich ist noch der Ausweg zu nennen, dafs der Vorkopf etwas schmäler als der Pfeiler gemacht wird. Er kann dann beliebig über den Bogenanfang emporsteigen, ohne doch den letzteren ganz zu verdecken. So ist man vielfach bei mittelalterlichen Brücken verfahren (Taf. XI, Abb. 7); neuere Beispiele zeigen die Brücke über die Zollelbe in Magdeburg (Taf. VIII, Abb. 11), die Brücke der Berliner Stadtbahn über die Spree an der Museumsinsel und die Lange Brücke in Potsdam.[50]) Freilich entsteht dadurch eine gewisse Gefahr für

[49]) Allg. Bauz. 1878, und Merian, Topographia.

[50]) Abbildungen der 3 genannten Brücken bezw. Deutsche Bauz. 1885 und Zeitschr. f. Bauw. 1884 u. 1889.

die Pfeilerkanten bei Eisgang u. dergl., so dafs wohl auch diese Lösung nur in stillen Gewässern befriedigt. Davon gibt die Washington-Brücke über den Harlem-Flufs in New York (Taf. IX, Abb. 8) ein Beispiel, bei deren „Vorkopf" selbst die übliche Abrundung des Grundrisses fehlt. Man hat eben einen kräftigen Mittelkörper bis zur Brückenbahn hinaufführen wollen und für die Bogenansätze beiderseitige Vorlagen angefügt. Das Verfahren ist zwar genau, doch würde ein gemeinsamer Unterbau mit ringsum gelegtem Deckgesims der Bedeutung der grofsen Bögen wohl noch besser entsprochen haben.

Was die Form der sogenannten Haube auf den Vorköpfen betrifft, so besitzen die meisten bekannten Brücken den flachen Halbkegel (Abb. 25 *b* und *d*). Unter Umständen sieht aber ein steilerer Körper gut aus, insbesondere wenn er nach *a* einem Bogenanfang entspricht (vergl. Taf. VIII, Abb. 3 und Taf. IX, Abb. 2). Die Halbkugel *c* ist mit glatter Fläche selten angewendet, erscheint aber gefälliger, wenn sie etwas gerippt ist, wie in Textabb. 16 und in Taf. IX, Abb. 21. Im letzteren Beispiel, sowie auch bei der Strafsenbrücke über den Rhein bei Mainz (Bd. 1, S. 104) und bei der oberen Rheinbrücke in Basel[51]) (mit flacher Haube) zeigt sich das ansprechende Bild eines aufsteigenden Halses zwischen Pfeilergesims und Haube, benutzt zum Ansatz eiserner Bögen, welche dadurch gut „herauswachsen". Endlich gibt es zahlreiche Fälle, wo man sich nicht mit der einfachen Haube begnügt, sondern Pfeileraufsätze errichtet, von welchen im folgenden die Rede sein soll.

§ 20. Pfeileraufsätze. Mittelpfeiler mit oder ohne Vorköpfe können, wenn man will, am Auflager des Überbaues entschieden abschliefsen, so dafs der letztere sich über dem Unterbau ohne Unterbrechung entlang streckt, so in Taf. IX, Abb. 14 für Bogenkonstruktion, in Taf. IX, Abb. 1 für wagerechte Tragwände. Aber schon aus technischen Gründen ist zwischen zwei Öffnungen, welche mit Bögen aus Holz oder Eisen überspannt werden, häufig ein Aufbau des Mittelpfeilers aus Stein bis zur Brückenbahn empor wünschenswert, um den beiderseitigen Überbauten einen Halt zu geben. Noch mehr ist aus künstlerischen Gründen ein solcher Aufbau — namentlich an gröfseren Bauwerken — Bedürfnis, um die beiderseitigen Öffnungen bis oben hinauf zu sondern, und der Brückenbahn hier eine unmittelbare Unterstützung von untenher zu erteilen. Deshalb wird die gewöhnliche Überkonstruktion, bestehe sie aus Mauerwerk, Eisen oder Holz, gern unterbrochen durch einen sogenannten Pfeileraufsatz.

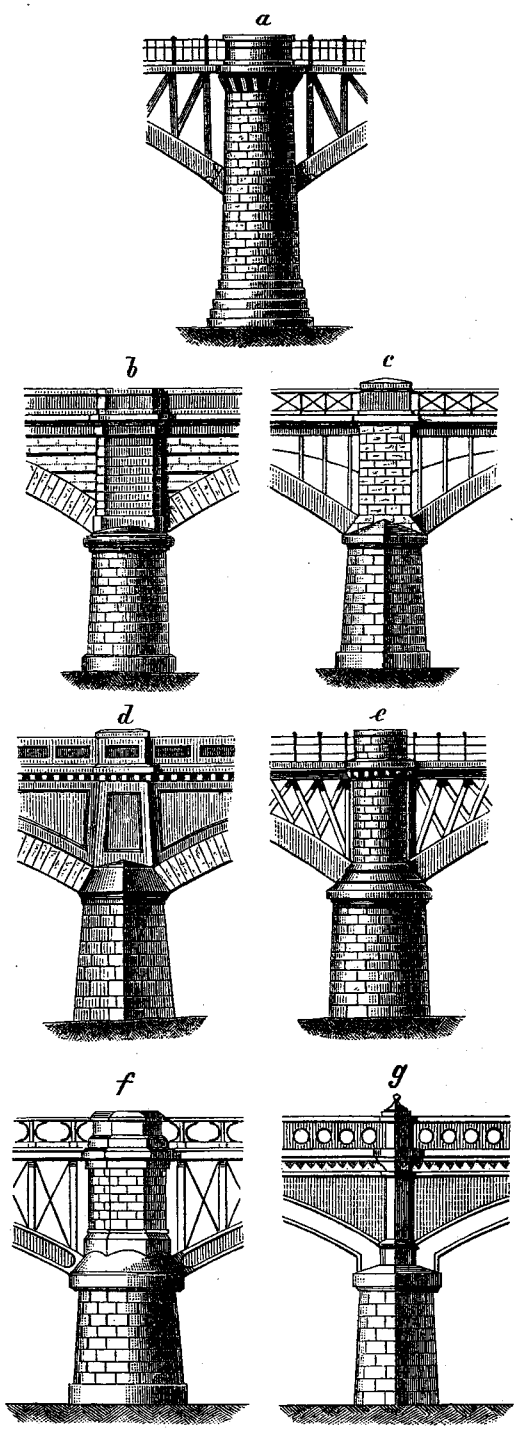
Nachstehende Abb. 26 soll die Formbildung von Pfeileraufsätzen über Vorköpfen bei Bögen aus beliebigem Baustoff erläutern. Nach der in *a* dargestellten Art wird der Vorkopf mit gleichem wagerechtem Schnitt ohne weiteres bis zur Brückenbahn emporgeführt. Dies liegt allerdings nahe, wenn der Hochwasserstand ohnedies über den Gewölbeanfang steigt. Zu den betreffenden, im vorigen Paragraphen angeführten Beispielen mit Vorköpfen, welche zwar über den Gewölbeanfang, aber nicht bis zur Brückenbahn emporsteigen, kommen demnach hier noch folgende bekannte Brücken aus älterer Zeit: Dresden Augustus-Brücke, Frankfurt; aus neuerer Zeit: Dresden Marien-Brücke und Umbau der Augustus-Brücke, Pirna, Tarascon, Kaiser Wilhelm-Brücke, Unterspreebrücke (Taf. VIII, Abb. 17) und Alsen-Brücke in Berlin.[52])

[51]) Riese, Die Ingenieur-Bauwerke der Schweiz. 1887.

[52]) Von den angeführten neueren Brücken sind die 4 ersten abgebildet in: Allg. Bauz. 1852; Deutsche Bauz. 1903; Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878; Perdonnet et Polonceau, Nouveau portefeuille de l'ingenieur. Die Unterspreebrücke und Alsen-Brücke mit eisernen Bögen sind abgebildet in Zeitschr. f. Bauw. 1866, seither jedoch durch andersartige Neubauten ersetzt.

Die 2 letztgenannten besitzen eiserne Bögen, und zu deren Ansatz Kragschichten an der Leibungsfläche der Pfeiler. Hierbei herrscht nun der Pfeiler ganz entschieden vor, und die Bögen erscheinen untergeordnet, zwischengespannt, womit das Verhältnis beider Elemente, als gleichwertiger Bestandteile des Bauwerks, unseres Erachtens nicht richtig ausgesprochen ist. Das Umlegen eines Gesimses in der Höhe des Bogenanfanges würde die Sache kaum wesentlich verbessern, indessen immer noch passender sein, als das gleichsam heruntergerutschte Gesims an der Unterspreebrücke. Bei gewölbten Brücken kommt es unter gewissen Höhenverhältnissen wohl auch zu einem Gesims in Höhe der oberen Bogenlinie, wofür die französische Brücke über die Bidassoa (Abb. 27 *a*, S. 199) und die ihr gleiche Brücke der Berliner Stadtbahn über den Landwehrkanal (Zeitschr. f. Bauw. 1884) Beispiele geben. Hinsichtlich des Gewölbeansatzes entsteht damit die gleiche Wirkung, wie bei der oben angeführten Luitpold-Brücke (Taf. X, Abb. 12). Um die Teilung noch stärker zu betonen, wurde öfter nach Abb. 26 *b* der Aufsatz rechteckig, abgekantet, halbachteckig oder dergl. ausgeführt, z. B. an den Eisenbahnbrücken bei Rastatt und Konstanz (Taf. IX, Abb. 18), an der neuen Brücke in Heidelberg (Taf. VIII, Abb. 18).[53]) Wenngleich hiermit der Pfeiler selbst entschieden in einen Unterbau und einen zum Überbau gehörigen Bestandteil zerlegt ist, so bleibt doch der am Schlufs des vorigen Paragraphen besprochene Übelstand des versteckten Bogenauflagers. Eine ganz richtige Formbildung entsteht erst dann, wenn der Pfeileraufsatz schmäler als der Pfeiler selbst angelegt, und dadurch Platz zum sichtbaren und wohl unterstützten Anschlufs der Überbaukonstruktion gewonnen wird, wie es in Abb. 26 *c* bis *g* geschehen. Dabei mag die Kappe des Vorkopfes selbst als Übergangsglied dienen, falls ihre Schräge entsprechend dem Bogenansatz gewählt wird (Abb. 26 *d*, *e*, *f*). In Bezug auf die Form der wagerechten Schnitte wäre das einfachste ein glatter rechteckiger Pfeileraufsatz, wie ihn nach dem Vorbild Abb. 26 *c* zahlreiche Brücken besitzen. Wir nennen von bekannteren: Friedrichs-Brücke in Berlin vor dem Umbau, Invaliden-Brücke in Paris, Eisenbahnbrücken in Cannstatt, Olten, Nevers, Margarethen-

Abb. 26.



[53]) Quellen für die genannten drei Brücken bezw.: Die badische Eisenbahn 1844. Klein, Sammlung eiserner Brückenkonstruktionen. Zeitschr. f. Bauk. 1883.

Brücke in Budapest (Taf. VIII, Abb. 16).[54]) Auch die Pfeiler der London-Brücke (Taf. IX, Abb. 13) geben einen ähnlichen allgemeinen Eindruck, weil die unteren Schichten des Korbbogens für einen fernstehenden Beobachter verschwinden und derselbe den Gewölbeanfang gern in der „natürlichen" Höhe, d. i. auf der Vorkopfgurte, annimmt. Genau ist diese Anordnung freilich nicht, daher in § 19 ein Tadel hinsichtlich des Gewölbeanfanges ausgesprochen werden mufste. Heutzutage würde man vermutlich einen Stichbogen statt des Korbbogens wählen und dadurch Klarheit schaffen.

Der Anordnung Abb. 26 *d* entsprechen die Schillings-Brücke in Berlin (Taf. X, Abb. 15), die Obere Mainbrücke in Frankfurt (Taf. IX, Abb. 21), die Southwark-Brücke in London, die Eisenbahnbrücke von Charenton, annähernd die Lombards-Brücke in Hamburg (Taf. IX, Abb. 19), deren Vorköpfe in stehendem Wasser nur schwach abgerundet sind. Auch mag auf die Entwickelung des scharfkantigen Aufsatzes in Taf. VIII, Abb. 11 hingewiesen werden. In manchen Fällen wäre aber eine gewisse Harmonie zwischen den Grundrifsformen von Vorkopf und Pfeileraufsatz wünschenswert. Dies ergibt an halbkreisförmigen Grundrissen die Lösung Abb. 26 *e*, nach welcher die Eisenbahnbrücken über den Rhein bei Koblenz (Kap. XII, Eiserne Bogenbrücken, in 2. Aufl. Taf. VIII, Abb. 8), über die Ruhr bei Mühlheim, über den Mincio bei Peschiera, sowie die Strafsenbrücke zu Bonn (Taf. X, Abb. 5), ausgeführt sind.[55]) Ferner können nach Abb. 26 *f* Pfeileraufsätze mit halbachteckigem Grundrifs aus halbrundem, eventuell zugespitztem Vorkopf aufsteigen. Ausgeführte Beispiele zeigen die Lahnbrücke (Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 6 u. 7), die Westminster-Brücke (Taf. IX, Abb. 15), mit eigenartiger Entwickelung die Wandrahms-Brücke in Hamburg (Taf. IX, Abb. 9), die Moabiter Brücke in Berlin (Taf. X, Abb. 6) mit nahezu dreieckigem Grundrifs des Pfeileraufsatzes. Die beiden angeführten Hamburger Brücken zeigen zugleich, dafs es künstlerisch nicht gerade erforderlich ist, das Auflager der Überbaukonstruktion handgreiflich und vollständig darzulegen, man begnügt sich mit einer Annäherung, welche das Auge leicht ergänzt, will aber diese dann auch nicht entbehren. Ferner verweisen wir noch auf die Albert-Brücke in Dresden (Taf. VIII, Abb. 1). Die in den wagerechten Schnitten näher dargestellte Entwickelung aus halbkreisförmigen Vorköpfen durchs Dreieck in einen halbachteckigen Pfeileraufsatz ist gefällig und kehrt mit kleinen Änderungen bei allen (verschieden dicken) Pfeilern dieser Brücke wieder. Auffallend erscheint aber der in die Ecken eingesetzte Mauerkörper, welcher keinen rechten Zweck hat und das Gewölbeauflager zudeckt. Läfst man denselben weg, wie wir in der Abbildung an dem zweiten Pfeiler getan haben, so würde das Ganze nach unserer Meinung gewinnen. Als letztes Vorbild von Pfeileraufsätzen bleibt nach Abb. 26 *g* auf einem Pfeiler von geringer Stärke zwischen sichtbaren Bogenansätzen nur ein schmaler Vorsprung übrig, welcher im wagerechten Schnitt rechteckig, vieleckig oder rund sein kann und im Aufrifs gewöhnlich als Pilaster oder Wandsäule ausgebildet wird. Man findet letzteres an der Heilig-Geist-Brücke in Hamburg (Textabb. 27 *b*), ferner an der Waisenbrücke und Lutherbrücke in Berlin. Ganz freistehende Säulen über dem Vorkopfdeckel besitzt die Oberbaum-Brücke ebenda (Bd. 1, Taf. XI, Abb. 4, 5).

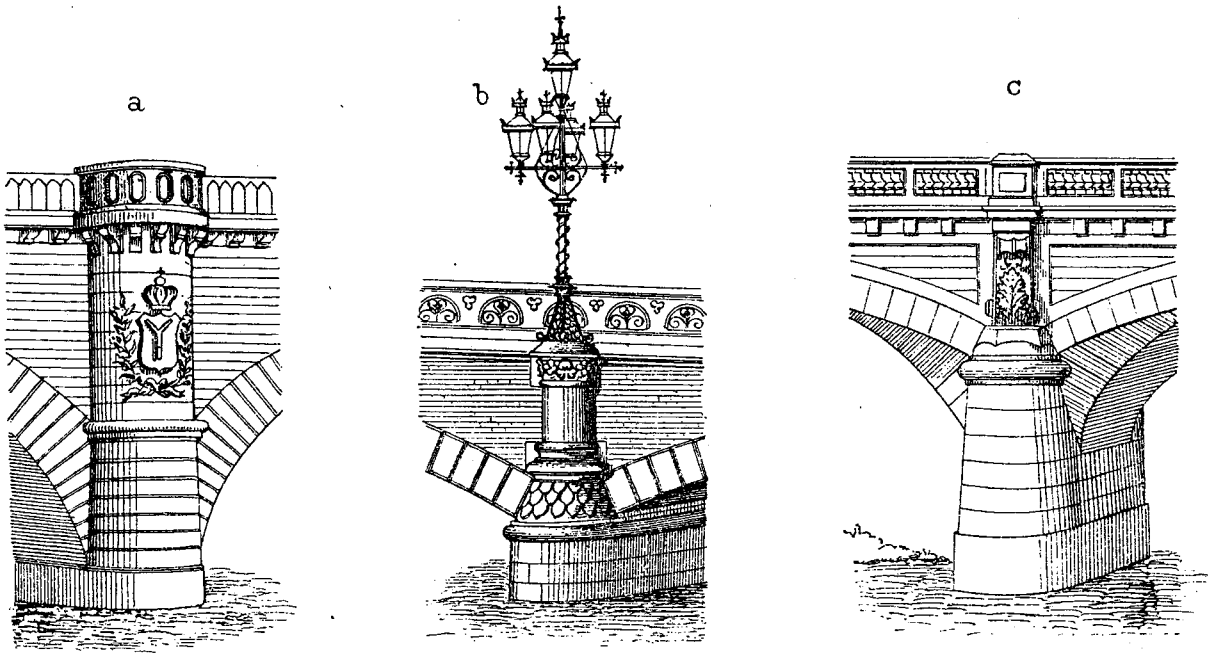
---

[54]) Abbildungen der genannten 6 Brücken bezw. in: Berlin u. seine Bauten 1877, Allg. Bauz. 1858 u. 1859; Etzel, Bauwerke der Schweizerischen Zentralbahn; Perdonnet et Polonceau, Nouveau portefeuille de l'ingenieur; Zeitschr. f. Bauk. 1880.

[55]) Bei der älteren Koblenzer Brücke (Zeitschr. f. Bauw. 1864) steigt nur leider der breite Bogenansatz noch über die Vorkopfhaube empor, wodurch die Beziehung zwischen beiden Elementen notleidet. Neuere Koblenzer Brücke in Zeitschr. f. Bauw. 1881. Mincio-Brücke in Allg. Bauz. 1855.

Reichere Ausstattung von Pfeileraufsätzen ergibt sich mittels Lisenen, bezw. eingerahmten Feldern (Abb. 26 *d*), ferner mit Pilastern, mit Wappen, Rosetten u. dergl. (s. Textabb. 3, ferner Taf. VIII, Abb. 11, Taf. X, Abb. 15). An der Schwarzenberg-Brücke in Wien (Abb. 27 *c*)[56]) ist ein grofser, als Blattgewächs geschmückter Kragstein verwendet. Auch freistehende Bildwerke kommen vor; so tragen die Vorkopfdeckel an der Margarethen-Brücke in Budapest (Taf. VIII, Abb. 16) Donauweibchen, an der St. Annen-Brücke in Hamburg (Taf. XI, Abb. 3) geschmiedete Greifen, an der Concordia-Brücke in Paris verschiedene Figuren, an der Alma-Brücke Trophäen.[57])

Abb. 27.



Wenn an Pfeilern ohne Vorköpfe ebenfalls Vorsprünge zwischen zwei Bogenfeldern beabsichtigt werden, so bedarf es dazu notwendig einer Vorbereitung vom Erdboden auf. Am häufigsten ist das ein rechteckiger Vorsprung, eine starke Mittellisene, welche dann über den Bogenanfang hinauf fortgesetzt wird. Dabei mag ein Kämpfergesims fehlen (Taf. IX, Abb. 4), oder nur dem Mittelkörper zu Teil werden (Taf. IX, Abb. 8), oder ringsherum verkröpft werden (Taf. IX, Abb. 7). In der Regel wird das letzte Verfahren das vollkommenere sein; es setzt aber kräftige Abmessungen des Vorsprungs voraus. Wo diese Bedingung nicht erfüllt wird (Abb. 23 *e*, S. 188), da sollte man lieber die Lisene unterbrechen und das Gesims glatt durchführen: die Beziehung zwischen unten und oben wird schon durch das Auge vermittelt, welches kräftige Linien gern und leicht fortsetzt und verbindet. Wichtig ist das Verhältnis zwischen der Breite des Mittelkörpers und der Breite der Nebenansätze: dasselbe dürfte in dem ersten der angeführten Beispiele gut getroffen sein, wogegen in den beiden anderen die Nebenansätze etwas schmal erscheinen.

Übrigens kommen statt rechteckiger auch anders gestaltete Vorsprünge und Aufsätze an hohen Brückenpfeilern vor. Sehr gefällig macht sich z. B. das halbe Achteck an dem Gruppenpfeiler der Friedberger Talbrücke (Taf. IX, Abb. 12). Da-

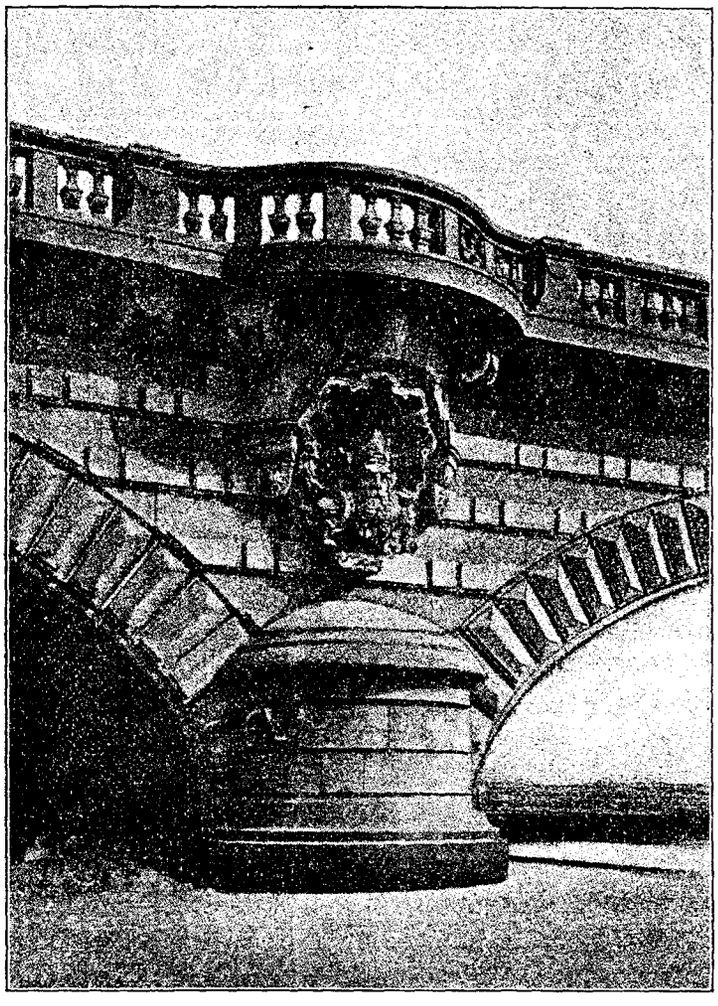
[56]) Allg. Bauz. 1870.

[57]) Letztere in Zeitschr. f. Bauw. 1856.

gegen sieht es gerade bei hohen Talbrücken besonders häfslich aus, wenn ein Pfeileraufsatz aus dem Pfeiler mit gleicher Breite emporsteigt, und somit die Gewölbe einklemmt; es entsteht das Bild Abb. 26*a*, nur nach vorn flach statt rund, und daher noch weniger begründet.

An Brücken mit wagerechten Tragwänden ist das künstlerische Bedürfnis eines Pfeileraufsatzes weniger bedeutend, weil das Durchführen des Überbaues über den Mittelpfeiler hinweg statisch begründet ist. Man vermifst z. B. in Taf. IX, Abb. 1 nichts, indem der Pfeiler mit dem wagerechten Auflager der Wand wagerecht abgeschlossen ist. Immerhin mag die Tragwand über dem Pfeiler eine Verstärkung und Verzierung erhalten. Will man jedoch einen Pfeileraufsatz aus Stein, so ist auch das Bedürfnis eines von vorn sichtbaren Auflagers für die Tragwände nicht so dringend wie für Bögen, weil jener, ähnlich wie ein Turm bei Wandbrücken, doch vereinzelt vor der Wand steht, und somit die Auflagervorrichtung perspektivisch noch ersehen werden kann (Taf. IX, Abb. 6). Letztere Abbildung zeigt zugleich, dafs immerhin eine gewisse Formverwandlung des Pfeileraufsatzes, Entkantung oder dergl. wünschenswert ist, um denselben vom Unterbau besser abzusondern. An der Waldshuter Brücke (Taf. VIII, Abb. 10) wurde auf den Pfeiler nur noch eine Quaderschicht aufgelegt, welche wie der Anfang eines nicht fertig gewordenen Pfeileraufsatzes erscheint. Man ist versucht, den letzteren nach den Formen des Eckturms am Widerlager zu ergänzen.

Abb. 28. *Landpfeiler der Carola-Brücke in Dresden.*[57a])

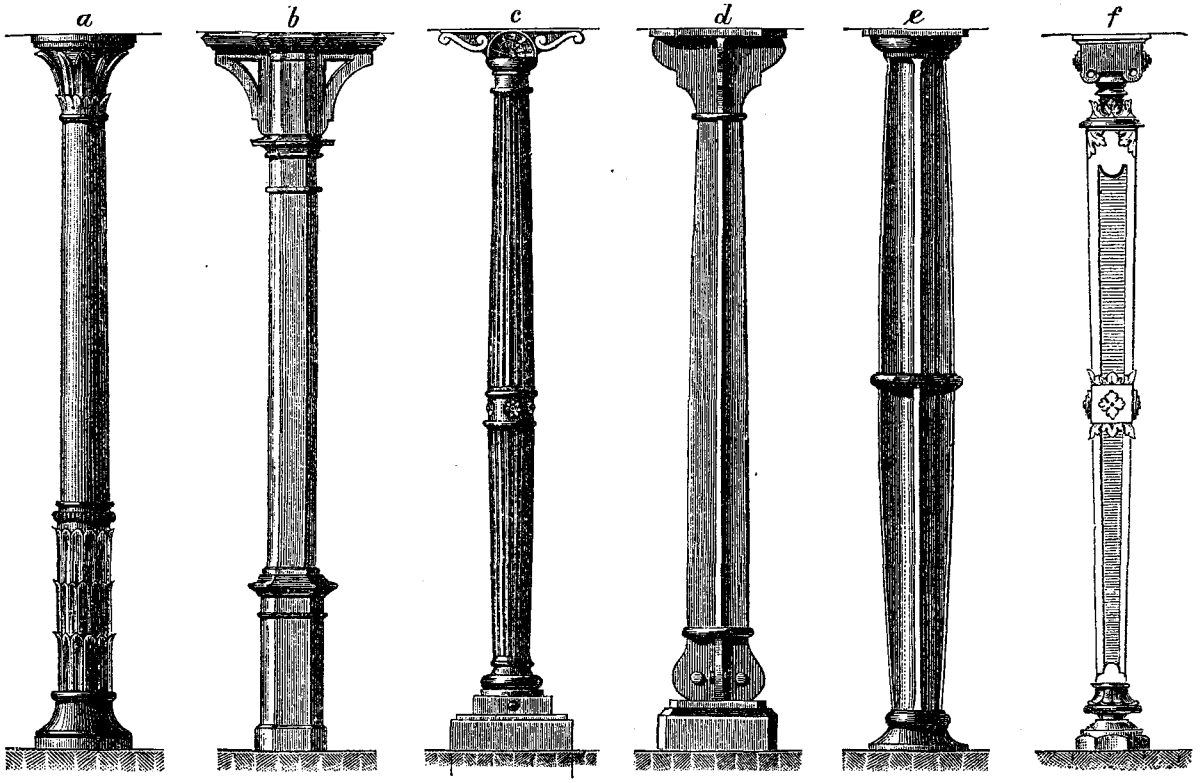


Die obere Beendigung eines Pfeileraufsatzes erfolgt, falls sein Vorsprung unerheblich, zuweilen schon unter dem Hauptgesims durch Übergang in einen Gesimsfries oder in eine Kragsteinreihe, wie bei den Lisenen in Taf. VII, Abb. 2. Meistens jedoch wird das Hauptgesims umgeleitet (verkröpft), was z. B. in Abb. 22 sowie vielfach auf den Tafeln ersichtlich ist. Wenn der Pfeileraufsatz in einer Halbsäule besteht, so kommt es wohl auch zu einem entsprechenden Kapitäl. Sind Querschnitt und Vorsprung des Pfeileraufsatzes ansehnlich, so entsteht neben der Brückenbahn ein Ruheplatz, um welchen Hauptgesims und Geländer umgeleitet werden. Hierzu dient an vielen älteren Brücken der in voller Masse aufsteigende Vorkopf, besser ein Pfeiler-

[57a]) Aus: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1897, S. 319. Faks.-Repr.

aufsatz mit etwelcher Einschränkung, wie solches in Abb. 26 (S. 197) zwischen *ab* einerseits und *ef* anderseits verglichen werden kann. Hübsche Ruheplätze für das Publikum besitzen die Strafsenbrücken Taf. VIII, Abb. 18, Taf. X, Abb. 6 und 12, Zufluchtsorte für Bahnwärter die Eisenbahnbrücken Taf. IX, Abb. 6 u. 12. Um einen Ruheplatz ansehnlicher zu machen, kann man entweder den Pfeileraufsatz trichterförmig ausbreiten, wie an den Brücken Taf. VIII, Abb. 1 und Taf. IX, Abb. 9 geschehen ist, oder Kragsteine verwenden nach den Vorbildern von Taf. VII, Abb. 20, Taf. IX, Abb. 2 und 4. Beide Hilfsmittel zugleich kommen an der Strafsenbrücke bei Worms (Bd. 1, S. 24) vor, wobei jedoch die Wahl eines rechteckigen Ruheplatzes über einem halbrunden Pfeiler ziemlich schwerfällige Formen verursacht hat. Übrigens können die gleichen Mittel auch dienen, um ohne Hilfe eines Pfeileraufsatzes einen Ruheplatz zu bilden. Man ersieht solches bei trichterförmiger Ausbreitung in Bd. 1, Taf. VI, Abb. 1, mit Kragsteinen in Taf. IX, Abb. 7, beides zugleich in Abb. 28.

Abb. 29.



§ 21. Eiserne Pfosten und Pfeiler. Um mit den kleinsten Gegenständen dieser Art zu beginnen, so lassen sich gufseiserne Stützen für Brückenjoche nach den in vorstehender Abb. 29 gegebenen Grundformen ausbilden, deren etwaige reichere Verzierung sodann unschwer anzuordnen wäre. Die Säule *a* unterliegt der gewöhnlichen Dreiteilung in Sockel, Schaft und Kapitäl. Als Fufs mag ein einfacher Sockel *a*, *c* oder ein Fufskörper *b* dienen. Der Schaft wird glatt, kanneliert (*c*), teilweise oder ganz mit Schuppen (*a*), Kränzen oder anderen Ornamenten umgeben. An eckigen Schäften (*b*) kommen ebenfalls statt glatter Flächen Verzierungen vor, namentlich Rippen an den senkrechten Kanten bezw. vertiefte Füllungen an den Seiten. Als Kopf dient manchmal nur ein Deckgesims (*b*), bei vollständiger Durchbildung ein sich von unten nach oben erweiternder Körper, an welchem nach irgend einem geometrischen Grundsatz Ausladung und nötigenfalls Verwandlung des wagerechten Schnittes bewerkstelligt ist. Von den zahlreichen Kapitälformen, welche hiernach im Lauf der Zeiten ersonnen

sind, dürfte zu dem kühnen aber einfachen Charakter eiserner Brücken gewöhnlich die Kelchform *a* am besten passen, im Grundrifs rund oder vieleckig. Bei etwaiger Verzierung sollte hier die geometrische Grundform noch deutlich bleiben, weil nur sie mit den übrigen, mehr oder weniger nackten Bauteilen zusammenstimmt. Pflanzenschmuck beschränke sich demnach auf losere Anheftung und Umschlingung von Ranken und Blättern (vergl. § 4 unter 2.). Kragsteine müssen oberhalb des Kapitäls angebracht werden, zu welchem Zweck nach *b* ein Aufsatz errichtet, nach *c* eine Sattelform gewählt wird.

Mit der im allgemeinen von unten nach oben verjüngten Säulenform wird man sich aber im Eisenbau nicht immer begnügen. Nach den Gesetzen der Knickfestigkeit wäre der stärkste Querschnitt ungefähr in halbe Höhe zu legen und entsteht daraus die Form *c*. Die von oben nach unten verjüngte Form *f* erscheint dagegen mehr als eine Spielerei, in der Regel ungeeignet für die beträchtlichen Belastungen im Brückenbau. Eine andere Abänderung betrifft die Figur des Querschnittes. Statt des Kreises oder Quadrates oder Vieleckes mit Hohlraum bringt auch ein Kreuz zweckmäfsige Baustoffverwendung zu Stande. Solches ist in *d* verzeichnet, woselbst Fufs und Kopf durch Scheiben abgesondert und die Rippen des Schaftes mit Schwellung versehen sind. Bei reicherer Ausstattung wären die vorspringenden Kanten mit Säumen und die einspringenden Winkel zwischen den vier Rippen mit Ziergliedern zu besetzen. Endlich zeigt *e* sowohl im Aufrifs die Knickform, als im wagerechten Schnitt das Kreuz, dessen vier Rippen hier an eine Röhre in der Achse angegossen sind. Wo eine Säule nicht ausreicht, bezw. zu plump erscheint, können gekuppelte Säulen angewendet werden, welche man zweckmäfsig in halber Höhe gegenseitig verknüpft. Um nachzuweisen, dafs diese Formen wirklich vorkommen, sei angeführt für *b* die Überführung der Venlo-Hamburger Bahn bei Osnabrück[58]), für *c* die Unterführung im Bahnhof Delitzsch und am Rosenwege in Dresden, für *c* und *f* zahlreiche Überführungen der Berliner Stadtbahn[59]), für *d* verschiedene Eisenbahn-Überführungen in Heidelberg, für *e* die Güterhalle der Westbahn in Paris.

Schwieriger als bei Gufseisen erweist sich die Ausbildung von Stützen aus Schmiedeisen, welche sowohl nach der Höhe als im Querschnitt von vornherein gewöhnlich starr geradlinig gestaltet sind. Das Bestreben zu schmücken wird sich auf Zutaten beschränken müssen, durch welche Sockel und Kopf abgesondert, die Flächen und Ränder der Walzeisen verziert werden (auch Nietreihen). Am besten eignet sich dazu ein kastenartiger Körper, welcher trotz des Hohlraumes mehr „Masse“ zeigt, und zudem leicht von unten nach oben verjüngt werden kann (Taf. XI, Abb. 15). Aber noch weit wirksamer wären Änderungen an den Hauptlinien der Konstruktion selbst, wenn deren eckige Zusammensetzung durch Bogenlinien vermittelt wird. Schon bei *b* in der obigen Abb. 29 wird die senkrechte in die wagerechte Linie einigermafsen übergeleitet, noch mehr dient dazu ein Abbiegen der unteren Wandgurte[60]), oder gar das Herabziehen derselben bis zum Fufs des Pfostens. Es ist hiervon bei einer Strecke der elektrischen Hochbahn in Berlin Gebrauch gemacht. Die betreffende Abb. 30 zeigt Bogenlinien sowohl an Längsträgern als an Querträgern, und zugleich die Schräg-

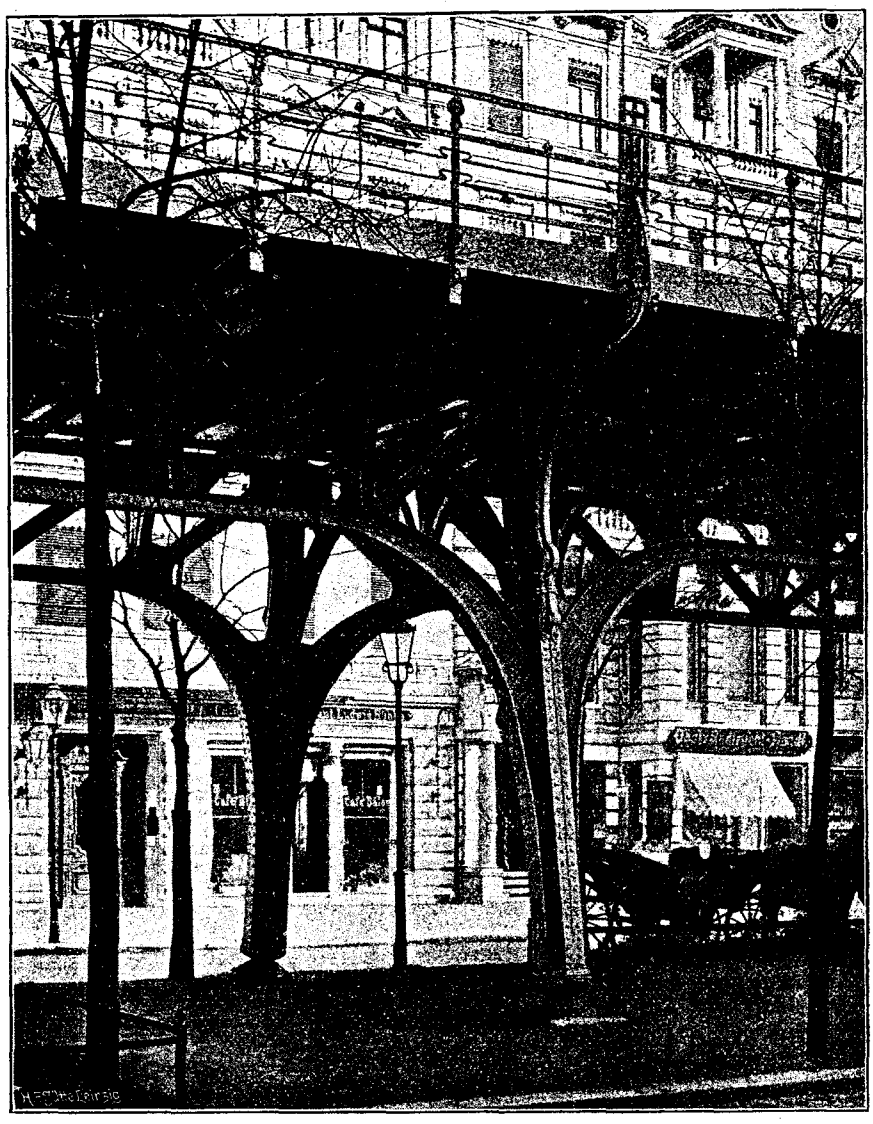
---

[58]) XV. Kapitel des Brückenbaues: Die eisernen Brückenpfeiler, 2. Aufl., Taf. I, Abb. 1—4.

[59]) Ebenda 3. Aufl. Taf. I, Abb. 13 bis 21 und Taf. II, Abb. 3 bis 7.

[60]) Beleg von der Berliner Stadtbahn in der 6. Abt. des Brückenbaues, 3. Aufl., Taf. II, Abb. 3. Französische Beispiele ebenda Taf. I, Abb. 1 u. 22.

Abb. 30. *Elektrische Hochbahn in Berlin zwischen Potsdamer und Froben-Straſse.*[61])



stellung der beiden Pfosten eines Joches. Die starren rechtwinkligen Nutzformen sind auf diese Weise in schön geschwungene, pflanzenartig emporwachsende Linien verwandelt, die Aufgaben des Stützens und Tragens künstlerisch belebt und gekräftigt. Nur an der Durchbildung im einzelnen fehlt es. Aufser den beiden hier aufgenommenen Belegen zeigt die elektrische Hochbahn von Berlin noch mancherlei andere Beispiele einer mehr künstlerischen Behandlung eiserner Stützen nach den oben entwickelten Grundsätzen. Abbildungen dazu in der Deutschen Bauz. und in der Berliner Architekturwelt 1902.

An gröfseren Brückenpfeilern aus Eisen treten uns wieder die zwei schon früher (S. 165) erwähnten Unterschiede: Verschmelzung oder Selbständigkeit der Elemente, entgegen. Die Grundform zu dem ersteren liefert ein Röhrenpfeiler mit dichter Wand, wie er an zahlreichen Brücken verwendet worden. Eine Anzahl von hohlen Trommeln wird aufeinander gestellt, jede einzelne aus einem Stück gegossen, oder aus Segmenten zusammengesetzt. Sind die Verbindungsflanschen aller dieser Stücke nach

[61]) Aus: Berliner Architekturwelt 1902, S. 343, Abb. 456.

innen gekehrt, wie es behufs Versenkung gewöhnlich sein mufs, so hat man es mit einer gewöhnlichen Säule von sehr grofsen Abmessungen zu tun. Obgleich deren Fufs im Boden steckt, mag doch etwa ein Sockelabsatz und namentlich ein Deckgesims am obersten Ende angeordnet werden.[62]) Wo der Pfeiler im Trockenen sichtbar steht, ist weitere Ausschmückung nach Abb. 19 (S. 183) und nach Taf. VIII, Abb. 7 zulässig. Zunächst sind die wagerechten Fugen zwischen den Trommeln durch vorspringende Reifen, auch wohl äufsere Flanschen, bezeichnet. Der Querschnitt derselben mufs, wie bei jedem Bandgesims, nach oben und unten symmetrisch sein; ferner Durchbrechungen der Wand, entsprechend der Segmentteilung der Trommeln, deren oben und unten abgerundete Figur die Einheitlichkeit der Wand nicht aufhebt, sondern vielmehr betont. In noch gröfserem Mafsstabe sind nach diesen Grundsätzen die bekannten gufseisernen Pfeiler über die Sitter, Thur und Glatt erbaut worden.[63]) Von den Trommeln, in welche hier die gesamte Höhe zerlegt ist, besteht jede aus mehreren aufrechten Platten, welche nach dem Grundrifs eines abgekanteten oder mit Vorsprüngen versehenen Rechteckes zusammengestellt sind. Die Fugen zwischen sämtlichen Platten sind durch vorspringende Ränder deutlich gemacht, ihre Durchbrechungen als Rechtecke mit abgerundeten Ecken hergestellt und umsäumt. So erhält man bei eingehender Betrachtung trotz der starken Durchbrechungen den Eindruck, dafs alle Bestandteile zu gegliederten und stetigen Wänden zusammengefafst sind. Aber eben weil der erste Eindruck von fern gesehen keineswegs der eben beschriebene ist, vielmehr auf ein Bündel einzelner dünner Stützen hinausläuft, so zeigt sich, dafs das erörterte Streben eine Grenze seiner Anwendbarkeit hat: die Durchbrechungen der Wände dürfen nicht über einen gewissen Grad gehen.

Das Gegenteil: Vereinzelung und Selbständigkeit der Bestandteile, ist der Grundsatz der gegliederten eisernen Pfeiler, wie sie jetzt bei grofser Höhe allgemein gebräuchlich sind. Eine Gruppe von Säulen, teils senkrecht, teils geneigt, erhebt sich zu gemeinsamer Unterstützung des Überbaues. Jede Säule geht stetig von unten bis oben durch, bei Schmiedeisen tatsächlich, bei Gufseisen höchstens durch untergeordnete Flanschen oder dergl. geteilt. Untereinander sind die sämtlichen Säulen durch Quer- und Kreuzverband in wagerechten und senkrechten Ebenen vereinigt; aber dieser Verband ist nach Abmessungen und Befestigungsart den aufrechtstehenden Bestandteilen untergeordnet. Somit müfsten bei reicherer Ausstattung vor allem die Säulen ausgezeichnet werden, immerhin wäre es zulässig und ansprechend, die wagerechten Verbandsebenen, welche auch hier Stockwerke abteilen, leise zu betonen, die wagerechten Bänder etwa als solche um die Säulen zu schlingen, wie ja auch im Steinbau ein hoher Talbrückenpfeiler mittels Zwischenschichten abgeteilt wird.[64])

§ 22. Widerlager.[65]) Der in § 19 und 20 für Bögen aus Holz, Eisen oder Stein entwickelte Grundsatz, das Auflager auf den Mittelpfeilern nicht zu verstecken, mufs auch auf die Widerlager ausgedehnt werden. Er läfst sich unschwer befolgen, wenn die letzteren mit den Stirnflächen eines Gewölbes in gleicher Flucht fortlaufen.

---

[62]) XV. Kapitel des Brückenbaues: Die eisernen Brückenpfeiler, 2. Aufl., Taf. I, Abb. 22, 24 u. 26.

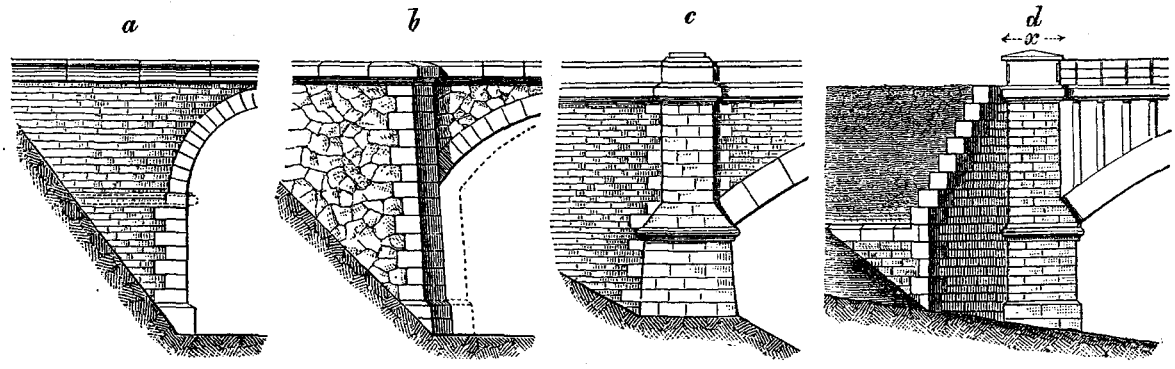
[63]) Ebenda 2. Aufl., Taf. III, Abb. 1 bis 6.

[64]) Beispiele von gegliederten eisernen Pfeilern
mit gufseisernen Säulen in der 5. Abt. des Brückenbaues, 2. Aufl., Taf. III, Abb. 16—28,
mit schmiedeisernen Pfosten „ 6. „ „ „ 3. Aufl., Taf. III u. IV.

[65]) Vergl. Bd. 1, Kap. I, § 18.

In folgender Abb. 31 zeigt *a* dies in einfachster Form, wobei freilich das (punktierte) Kämpfergesims ungern entbehrt wird, um den Unterbau vom Überbau organisch abzusondern. Beide Anordnungen, d. h. ohne und mit Kämpfergesims, kommen ebensowohl an ganz bescheidenen Bauwerken wie an hohen Talbrücken vor, weil in beiden Fällen gewöhnlich aus Kostenrücksichten gewünscht wird, die Breite der Brückenbahn auf den Widerlagern, wie über den Gewölben tunlichst schmal zu halten. Der Unterbau und der Überbau bilden gleichsam zwei Stockwerke. Wo jedoch aus technischen Gründen Flügelmauern rechtwinklig oder schräg zur Brückenachse angelegt werden, oder wo aus Verkehrsrücksichten die Brückenbahn auf dem Widerlager sich auf gröfsere Breite als über den Bögen ausdehnen soll, wie in Abb. 31 *b*, da befriedigt es so wenig, wie an den Mittelpfeilern, wenn das Gewölbe eingeklemmt erscheint. Selbst ein Gesims am Bogenanfang vermag den Eindruck nicht ganz zu verbessern, wie die Unterführung (Taf. IX, Abb. 3) zeigt, obgleich bei so flachen Bögen wie hier das Abschneiden derselben weniger auffällt, als bei beträchtlicher Pfeilhöhe. Bei verhältnismäfsig leichtem Überbau mag eine Unterstützung durch Kragsteine am Platze sein (Taf. VIII, Abb. 15). Im allgemeinen ergibt nur ein freies Auflager, gemäfs den punktierten Linien in Abb. 31 *b*, völlige Klarheit und Sicherheit. Es ist das noch ein weiterer Anlafs zu den in § 12 entwickelten Gründen für „geteilte“ Widerlager.

Abb. 31.



Sobald das Widerlager in einen vorderen und hinteren Teil zerfällt, ist es möglich, jeden seiner durchaus verschiedenen Aufgabe gemäfs zu gestalten: den vorderen als eigentlichen Landpfeiler für den Überbau, den hinteren als Flügelkörper bis zur Brückenbahn. Der bei Wandbrücken nur gelegentlich vorkommende Höhenunterschied zwischen Auflager und Brückenbahn findet hier jederzeit statt: das Auflager liegt stets niedriger als die Bahn. Wenn es also sichtbar bleiben soll, mufs ihm ein niedriger Unterbau gegeben werden, während die hinter ihm stehende Masse bis zur Bahn emporsteigt. Trotzdem bleiben Landpfeiler und Flügel doch Teile derselben höheren Einheit. Eine schwierige Aufgabe bei grofsen und reichen Brücken besteht eben darin, trotz jener Teilung den inneren Zusammenhang nicht preiszugeben. Die architektonische Beziehung wird dabei vor allem durch das Hauptgesims gewahrt, welches den Überbau und die Flügel gemeinsam bedeckt, ferner durch gleiche Sockelhöhe unter beiden Teilen. Wenn Sockel und Gesims auch etwa an den Flügeln einfacher gehalten werden, sollten doch die wesentlichen wagerechten Linien durch das ganze Bauwerk sich fortsetzen.

Die Anordnung Abb. 31 *b* ist bekanntlich bei gewöhnlichen Durchfahrten u. dgl. sehr gebräuchlich und sollte um so mehr nach vernünftiger und gefälliger Weise (punktiert) aus-

gebildet werden, als das Vorrücken der Flügel kaum mehr Kosten verursacht. Es kommt nicht einmal darauf an, dafs die ganze Gewölbedicke sichtbar aufruht, ein teilweises Auflager genügt, weil die Fortsetzung ins Innere leicht hinzugedacht werden kann. Wo der Unterbau sehr niedrig ist, kann es sich bei dieser Anordnung treffen, dafs die Dreiteilung der Brücke in Unterbau, Überbau und Hauptgesims sofort für die Dreiteilung des Vollkörpers in Sockel, Hauptstück und Gesims pafst. Man findet dies nicht nur an kleinen Durchlässen, sondern auch an grofsen Bauwerken, z. B. an der Nydeckbrücke in Bern (Taf. IX, Abb. 5). Eine dritte Lösung ergibt sich durch Vereinigung der Fälle *a* und *b* und kann an der Brücke Taf. IX, Abb. 9 ersehen werden. Über einem ungeteilten Unterbau des Widerlagers findet sich im Überbau entschiedene Teilung durch einen Absatz, beiden Teilen gemeinsam ist das Hauptgesims. Auf diese Weise sind alle wesentlichen wagerechten Linien des Bauwerks durchgeführt, sowie auch die Einzelformen von Mittelpfeiler und Widerlager ähnlich behandelt. Diese Lösung wäre namentlich auch statt der in *a* verzeichneten für Bögen oder Sprengwerke aus Holz und Eisen zu verwenden, für welche im übrigen die Ähnlichkeit mit Gewölben auf der Hand liegt, und daher die gleichen Grundsätze gelten.

Die schon erwähnte Absicht, zwischen Landpfeiler und Mittelpfeiler eine gewisse Ähnlichkeit zu erhalten, wird durch *c*, *d* in obiger Abbildung befriedigt, welche nur die Fälle *a*, *b*, entsprechend näher ausgeführt, wiederholen. Es ist dabei ungefähr die Grundform eines Mittelpfeilers mit Pfeileraufsatz von Abb. 26*c* (S. 197) zugrunde gelegt worden, jedoch der Vorkopf nur in seinen Umrifslinien wiederholt und abgeplattet, in der Voraussetzung, dafs die Widerlager der Wassergefahr doch nicht so stark ausgesetzt sind, als die Mittelpfeiler.

In Abb. 31*c* wurde der Aufrifs eines Mittelpfeilers vor das Widerlager gestellt und dient als Absonderung zwischen den Stirnflächen links und rechts, so dafs man es in der Hand hat, die Breiten der Brückenbahn auf dem Widerlager und über dem Gewölbe übereinstimmend oder verschieden zu machen (vergl. Taf. XI, Abb. 17). Dabei brauchte der Mittelpfeiler nicht gerade in allen Einzelheiten genau wiederholt zu werden, um dem künstlerischen Bedürfnis zu genügen. In Abb. 31*d* steht der abgeplattete Mittelpfeiler als eigentlicher Landpfeiler neben dem Vollkörper, welcher als Erdkörper mit Flügelmauern oder als Mauerkörper bis zur Bahnhöhe erscheinen kann. Dabei mag die Vorsprungbreite *x* mit derjenigen am Mittelpfeiler übereinstimmen, oder in das Ufer hinein verlängert, oder nur gering genommen werden. Als Beispiel annähernder Übereinstimmung diene Taf. XI, Abb. 12. Aber schon ein kleiner Vorsprung genügt, um die Ähnlichkeit zu Stande zu bringen, wie es z. B. Taf. IX, Abb. 12 zeigt. An dem Widerlager dieser Talbrücke dienen zugleich kräftige Türme (Wendeltreppen enthaltend) dazu, die beiden Teile: Landpfeiler und Flügel entschieden abzusondern; tatsächlich ist die Bahnbreite zwischen den Flügelmauern etwas gröfser als über den Gewölben.

Wo es zulässig oder erwünscht ist, dafs die Brückenbahn auf den Widerlagern sich in eine gröfsere Breite entfaltet, da läfst sich die Anforderung geteilter und den Mittelpfeilern ähnlicher Widerlager unmittelbar dadurch erfüllen, dafs man genau einen halben Mittelpfeiler vor den Vollkörper des Ufers setzt. Man sieht dies an den Brücken Bd. 1, Taf. VI, Abb. 1 u. 13, sowie annähernd Taf. XI, Abb. 7, welche mit Kaimauern zusammenhängen, denn gerade vor durchlaufenden Ufermauern wird ein der Brücke eigentümlicher „Landpfeiler“ besonders wünschenswert. Auch die Ladenburger Brücke (Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 1), und die Konstanzer Brücke (Taf. IX, Abb. 18) sind nach diesem Verfahren ausgebildet. In anderen Fällen wird jedoch der halbe Vorkopf

nur als Abrundung der Widerlagerkanten wiederholt, und es eignet sich diese Lösung besonders dann, wenn die Vorkopfhöhe der Mittelpfeiler als Sockelhöhe der Widerlager durchgeführt werden kann. Auf diese Art sind die Brücken Taf. VIII, Abb. 11, sowie in Bd. 1, Taf. VII, Abb. 18 und Taf. XIII, Abb. 15 richtig angeordnet; über dem gemeinsamen Sockel, bezw. Unterbau, ist das Auflager der Gewölbe klar von den Flügelmauern des Vollkörpers abgesondert, und behufs völliger Ähnlichkeit selbst der Pfeileraufsatz des Mittelpfeilers am Widerlager wiederholt. Dem gleichen Gedanken gibt die Moabiter Brücke (Taf. X, Abb. 6) Ausdruck: Widerlagersockel mit Abrundung entsprechend dem Vorkopf am Mittelpfeiler, Säule am Widerlager entsprechend dem eckigen Aufsatz am Mittelpfeiler. Die letztere Beziehung dürfte vielleicht wegen mangelnder Ähnlichkeit weniger befriedigen.

In anderen Fällen wird aus Geschmacksrücksichten auch wohl mehr als die Hälfte eines Mittelpfeilers zum Landpfeiler bestimmt, z. B. an der Reesendamms-Brücke in Hamburg (Taf. IX, Abb. 14). Von der Brückenstirn zweigen unter stumpfem Winkel Flügelmauern ab, welche hernach wieder in parallele Richtung zur Brückenachse umwenden, d. h. der Absatz zwischen Landpfeiler und Vollkörper ist nicht unter rechtem, sondern unter schiefem Winkel angeordnet. In jenem stumpfen Winkel erscheinen nun Vorköpfe, welche im Grundrifs etwa $^3/_4$ eines Halbkreises einnehmen, übrigens in der Gliederung mit den Mittelpfeilern übereinstimmen. Diese Formbildung ist für schräge Flügel empfehlenswert und auch anderwärts befolgt worden.

Einen ganzen Pfeiler als Vorderteil des Widerlagers zeigt endlich die neue Westminster-Brücke in London (Taf. IX, Abb. 15). Die Widerlager wurden weit in den Flufs vorgesetzt, welcher noch durch Ufermauern eingeengt werden sollte. Bei der hierdurch hervorgerufenen grofsen Länge des Widerlagers bildet ein vollständiger Pfeiler einen passenden Abschlufs, er wiederholt sich sogar noch weiterhin und unterbricht die Flügelmauern in angemessenen Abständen. Dieses Verfahren begründet sich durch den Wunsch, an Bahnbreite auf dem Widerlagskörper zu sparen und dem letzteren einen Schutz gegen Eisgang u. s. w. zu geben. Die Eisenbahnbrücke bei Cannstatt ist ebenso angeordnet.

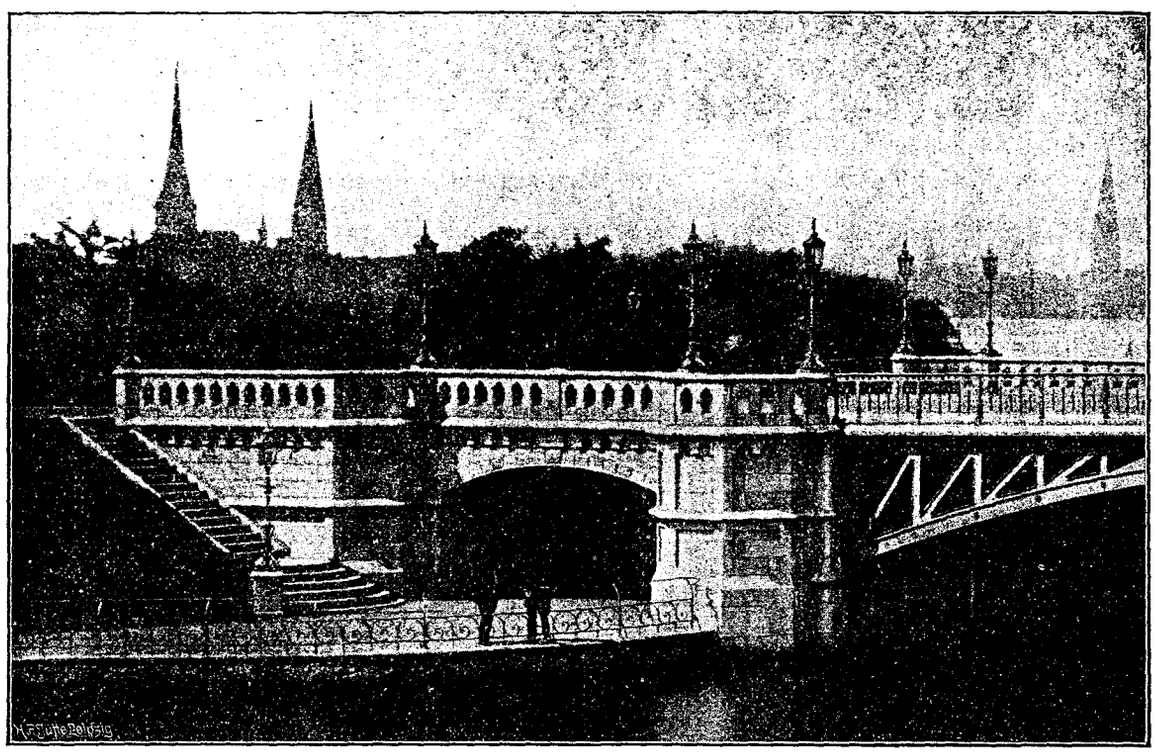
Bei grofser Länge eines Widerlagers kommen, dasselbe belebend, mancherlei Vorsprünge und Ruheplätze vor, wie die Luitpold-Brücke in Würzburg (Taf. X, Abb. 12) und die neue Neckarbrücke in Heidelberg (Taf. VIII, Abb. 18) zeigen, auch hier unter Wahrung ähnlicher Formen mit den Mittelpfeilern, namentlich in der Höhengliederung. An der Brücke über die Warthe bei Wronke (Taf. VIII, Abb. 19) hat man Übereinstimmung zwischen Widerlagspfeiler und Endwiderlager herzustellen gesucht. Besonders reizvoll erscheint die Ausschmückung der Widerlager an der Brücke im Elbpark zu Hamburg (Taf. X, Abb. 2), mit kräftigen, durch Figuren geschmückten Vorsprüngen.[66]) Dergleichen Bauteile wären füglich auch als Pfeileraufsätze (§ 20) zu verwenden.

Zu empfehlen sind ferner solche Anschlüsse an die Ufer, welche den Verkehr zwischen der Brücke und den Zufahrtstrafsen gut vermitteln. Letztere unterscheiden sich ja von der Brücke selbst oft nach Breite, Richtung und Gefälle, daher gekrümmte, vorspringende oder schräg gerichtete Flügelmauern, Abfahrten und Treppen zu tiefer liegendem Ufergelände. Für letzteres werden wohl auch Durchbrechungen des Widerlagers erforderlich, welche dann am besten torartig zu gestalten sind (Taf. VII, Abb. 9^b und Bd. 1, Taf. X, Abb. 1). Siehe auch die Fufsweg-Öffnungen Taf. VIII, Abb. 15

[66]) Mitgeteilt von dem Erbauer, Oberingenieur F. A. Meyer in Hamburg.

und Taf. XI, Abb. 11. Ein reizvolles Beispiel zu alledem gibt die nachstehend abgebildete Schwanenbrücke an der Aufsenalster in Hamburg, welche zugleich vortrefflich in die landschaftliche Umgebung pafst.

Abb. 32. *Schwanenbrücke in Hamburg.*[67])



Im allgemeinen gelten die bisherigen Erörterungen über Widerlager auch für Brücken mit wagerechten Trägern (Tragwänden), welche leicht statt der Bögen in die Figuren eingestellt werden können. Doch stellt sich hier die Anforderung sichtbarer Auflager weniger streng, weil verborgene immerhin noch ziemlich verständlich bleiben. Jedermann weifs, dafs ein Balken, aus einer Mauer heraussteckend, in derselben aufliegen kann und mufs, und sein sichtbar schwebender Teil ist wenigstens rechtwinkelig abgeschnitten, nicht so widerwärtig spitzwinkelig wie ein „eingeklemmter" Bogen. Allein wünschenswert bleibt auch hier Klarheit über das Auflager, wenigstens eine Andeutung desselben durch einen Absatz, ein Gesims, mit Hilfe dessen das Auge die Auflagerfläche gern ins Innere verlängert. Zur Anschauung dieses Gegensatzes diene die Innbrücke bei Königswart in Bayern (Taf. IX, Abb. 1). Hier sind die Tragwände der kleinen Öffnungen ins Mauerwerk hinein gesteckt, diejenigen der grofsen liegen auf; und es dürfte der künstlerische Vorzug des letzteren Verfahrens besonders an dem Widerlagspfeiler einleuchten, an welchem beide Anordnungen zugleich vorkommen. Dieser Mauerkörper wäre natürlich sofort auch als eigentliches Widerlager im Anschlufs an Erdarbeiten zu verwenden, wenn man die kleine Öffnung durch Flügelmauern geschlossen denkt. Sowie hier nun ein „geteiltes" Widerlager mit zwei nebeneinander stehenden Körpern vorliegt, so zeigt die Rheinbrücke bei Waldshut (Taf. VIII, Abb. 10) eine Lösung, bei welcher das Widerlager in zwei Teile übereinander zerfällt, so dafs in diesen beiden Brücken die in Abb. 31 *b* und *a* verzeichneten Unterschiede bei wage-

[67]) Photograph: O. Koppmann & Co., Hamburg.

rechten Trägern wiederkehren. An dem ansprechenden und zugleich ziemlich reichen Bauwerk bei Waldshut ist das Auflager der Tragwände durch ein entschiedenes Gesims bezeichnet, welches das ganze Widerlager in zwei Stockwerke zerlegt und hiermit die oben gewünschte Andeutung des Auflagers befriedigend vollzieht. Sehr glücklich kehrt dasselbe Gesims an den Mittelpfeilern der Strombrücke wieder, und kennzeichnet damit um so mehr den in gleicher Höhe durchlaufenden Überbau, teils aus Eisen, teils aus Stein. Desgleichen gefällt die Beziehung der Sockelhöhe des Widerlagers zur Vorkopfhöhe der Mittelpfeiler, und es ist abermals zu bemerken, dafs eine annähernde Ähnlichkeit der Formen beider Teile genügt, um die wünschenswerte Übereinstimmung zu erzeugen.

§ 23. Gruppenpfeiler und Widerlagspfeiler. Die Gruppenpfeiler langer Talbrücken, an welche beiderseits gleich grofse Öffnungen anschliefsen, werden von gewöhnlichen Mittelpfeilern oft nur durch gröfsere Dicke unterschieden. So hat an der Goeltalbrücke (Bd. 1, Taf. VII, Abb. 8) und an der Talbrücke bei Herdecke[68]) der Gruppenpfeiler ebenso wie jeder gewöhnliche Mittelpfeiler seine Lisene erhalten, welche nur entsprechend gröfsere Breite besitzt, oder wenn man lieber will, er zerfällt in einen mittleren Körper mit beiderseitig angesetzten Landpfeilern. Aber diese Ähnlichkeit der beiden Gattungen von Pfeilern ist fast zu grofs, es entsteht der Wunsch, die Gruppenpfeiler mehr auszuzeichnen, wie es ihre Bedeutung verdient. Hiernach ist z. B. bei den Talbrücken von Chaumont und von Friedberg (Taf. IX, Abb. 7 u. 12) verfahren. Die Gruppenpfeiler besitzen nicht nur mehr Dicke, sondern auch ein ganz neues Element, dort eine Lisene, hier einen achteckigen Vorbau nebst Pfeileraufsatz. An der Talbrücke bei Görlitz ist der betreffende Vorsprung an den Gruppenpfeilern vom Boden bis zum Gewölbeanfang rechteckig, vom Gewölbeanfang bis zur Bahn achteckig im Grundrifs.[69]) Nach demselben Grundsatz unterscheiden sich die Inselpfeiler und die Mittelpfeiler der Margarethen-Brücke in Budapest (4. Abteilung des Brückenbaues, in 2. Aufl. Taf. VII, Abb. 16).

Was ferner sogenannte Widerlagspfeiler betrifft (vergl. § 2), so sind solche technisch notwendig zwischen zwei Öffnungen von ungleichem wagerechten Schub, künstlerisch wünschenswert zur Trennung verschiedener Konstruktionsweisen des Überbaues. Hiernach sind Widerlagspfeiler eigentlich nichts anderes als Widerlager zwischen zwei Tragbrücken, und dementsprechend ist auch die klarste und gewöhnlichste Gestaltung die eines Vollkörpers bis zur Brückenbahn, welchem beiderseitig Landpfeiler angesetzt sind. In den einfachsten Formen zeigen dies die vier Pruthbrücken auf Taf. VII u. IX im 1. Bd., sowie ganz übereinstimmend die Eisenbahnbrücken über die Gutach (Abb. 1, S. 133) und über den Schwändeholztobel auf der Bahnstrecke Freiburg-Donaueschingen[70]), endlich die Solisbrücke auf der Albula-Bahn.[71]) Ein besonders klares Beispiel zu dieser Aufgabe findet sich in Taf. IX, Abb. 17. Der mittlere Vollkörper steigt bis zum Hauptgesims empor, ohne dafs die Kämpfergesimse der Gewölbe um ihn verkröpft sind. Auch die Sockel der beiderseitigen Landpfeiler liegen in verschiedener Höhe, nämlich ebenso hoch wie die Sockel der beiderseitig folgenden Mittelpfeiler, und ist deshalb der eine gegen den Vollkörper stumpf angesetzt. Immerhin dienen durch-

[68]) Zeitschr. f. Bauk. 1881.

[69]) Zeitschr. f. Bauw. 1855.

[70]) Schweiz. Bauz. 1901.

[71]) Deutsche Bauz. 1903 und S. 15 des 1. Bandes.

gelegte Steinbänder, wie auch das Hauptgesims zur künstlerischen Vereinigung der drei Bestandteile. Etwas reicher ist nach dem gleichen Grundsatz die Talbrücke Bd. 1, Taf. VII, Abb. 1 und die Brücke bei Grünental über den Kaiser Wilhelm-Kanal (Taf. IX, Abb. 10), behandelt. Sehr reizvoll macht sich auch der Gruppenpfeiler an der Brücke über den Wienfluſs auf der Wiener Stadtbahn (Abb. 41 in § 28), an welchem der Mittelkörper um so klarer hervortritt, als er auch noch ansehnlich über die Brückenbahn emporragt. Selbst da, wo die Gewölbe der beiden Öffnungen in gleicher Höhe ansetzen, möchte gern ein Vollkörper eingeschoben werden (Taf. VIII, Abb. 19), um die verschiedenen Spannweiten schicklich voneinander abzusondern.

Wo die Höhenverhältnisse dazu geeignet sind, wird man natürlich gern die Bestandteile eines Widerlagspfeilers noch entschiedener vereinigen, ohne die klare Sonderung ihrer Aufgaben zu unterlassen. Besonders gefällig ist dies an demjenigen Mauerkörper der Waldshuter Brücke (Taf. VIII, Abb. 10) geschehen, welcher die Stromöffnungen und die Bogenstellung auf dem linksseitigen Ufer voneinander trennt. Die Auflager beider Überbaukonstruktionen konnten in gleicher Höhe angeordnet werden, und so ergab sich ein wagerechtes Band durch den ganzen Bau, welches auch den Vollkörper in zwei Stockwerke zerlegt, während doch andererseits die von unten bis oben durchreichenden, turmartigen Vorsprünge dem Grundsatz „geteilter“ Widerlager gerecht werden. Die in der Architektur stets wiederkehrende Aufgabe, wagerechte Gliederung und senkrechte Gliederung in richtiges gegenseitiges Verhältnis zu bringen, scheint hier sehr glücklich gelöst. An dem Widerlagspfeiler der Brücke Taf. IX, Abb. 1 ist ebenfalls das Traggesims der Hauptöffnungen um den Vollkörper verkröpft, es war dies aber nur möglich, weil ein Landpfeiler für den Überbau der kleinen Öffnung fehlt.

Wo nicht aus technischen Gründen eine ansehnliche Dicke bei Widerlagspfeilern erforderlich ist, genügt es manchmal, die Form eines gewöhnlichen Mittelpfeilers zum Abschluſs einer Strombrücke beizubehalten, und demselben aber einen besonderen Ansatz gegen die anschlieſsende Flutöffnung zu geben. Dies Verfahren ist z. B. an der Moselbrücke bei Güls (Taf. VIII, Abb. 5) befolgt. Man vergleiche auch den Trennungspfeiler der Brücke bei Schandau (Taf. VIII, Abb. 14c), welcher dem Mittelpfeiler vollkommen gleich ist, aber noch einen derartigen seitlichen Ansatz dazu bekommen hat.

Endlich gibt es Widerlagspfeiler, welche ohne „Teilung“ aufgeführt sind, weil die Überbauten sich gleichwie an gewöhnliche Mittelpfeiler anschlieſsen lassen. Bedingung dabei ist gleiche Höhe für die Überbau-Auflager bezw. Bogenanfänge der beiderseitigen Öffnungen. Man sieht einen solchen „verdickten Mittelpfeiler“ in dem Strompfeiler der Rheinbrücke zu Bonn, wo beide Bögen in der Hochwasserlinie ansetzen und demnach hier der Unterbau klar abschlieſsen konnte. Ferner betrachte man die Albert-Brücke in Dresden (Taf. VIII, Abb. 1). Der Widerlagspfeiler in der Brückenachse ist richtig gestaltet, derjenige, welcher die Strombrücke von der Landbrücke absondert, nicht, weil die genannte Bedingung nicht beachtet ist und der Gewölbeanfang der kleineren Öffnung nicht zu seinem Rechte kommt. Hier wäre eine anderweitige Formbildung mit „geteilter“ Aufgabe am Platze gewesen. In richtiger Weise sind auch die gewaltigen Landpfeiler der Straſsenbrücke bei Worms (Taf. X, Abb. 3a u. b) gestaltet, wo die Bögen schon auf der kräftigen Abschrägung des Sockels beginnen und zwischen ihnen der Mauerkörper weiter emporgeführt ist.

§ 24. Tragbögen. Indem Wände ohne Seitenschub bereits in § 13 behandelt wurden, ist hier hinsichtlich des Überbaues von Tragbrücken nur noch die Formbildung von Bogenkonstruktionen zu erörtern, wobei als Vorbilder vorzugsweise Steingewölbe in Betracht kommen.

Was zunächst den künstlerischen Eindruck der Bogenform betrifft, so können bei beschränkter Pfeilhöhe Stichbogen und Korbbogen in Vergleich kommen. Beim Kreisbogen wird das Gesetz seiner Entstehung dem Beobachter ohne weiteres klar; bei der Ellipse dagegen findet ein stetiger Wechsel der Krümmung statt und das geometrische Gesetz ist aus dem einfachen Anblick nicht nachzufühlen. Deshalb dort ein ruhiger, hier ein beweglicher, fliefsender Eindruck. Dem ähnlich ist der statische Unterschied, denn am Stichbogen scheint jede Einzelpartie gleich beansprucht und gleich widerstandsfähig; am Korbbogen dagegen sieht der Laie kaum, wo die Gewölbewirkung eigentlich beginnt, und sucht unwillkürlich eine Ecke in der Gegend der Bruchfuge. Dieser etwas unklare Eindruck vermindert sich bei solchen Korbbögen, welche dem Halbkreise nahe kommen, sowie bei solchen, welche nur Teile der halben Ellipse sind. Ferner ist die aufserordentlich flache Scheitelstrecke des Korbbogens gegenüber einem Stichbogen von gleicher, und selbst von etwas geringerer Pfeilhöhe bedenklich — statisch und künstlerisch, anderseits das Herauswachsen des Korbbogens aus den Pfeilern und Widerlagern gefällig. Unbedingt können Rücksichten auf den Verkehr von Schiffen (Taf. IX, Abb. 15 u. 19), von Fuhrwerken, ferner auf den Durchflufsraum bei Gewölben, welche tief ins Wasser tauchen (Bd. 1, Taf. VI, Abb. 21) die Frage zu Gunsten des Korbbogens entscheiden. Vermittelt wird übrigens im letzteren Falle der Gegensatz mittels der sogenannten Kuhhörner (Bd. 1, Taf. VI, Abb. 12 u. 29).

Bei bedeutender oder unbeschränkter Pfeilhöhe steht die Wahl frei zwischen Halbkreis, Kettenlinie, Spitzbogen. Die Nachteile einer verwickelten, unruhigen Kurve besitzt auch die Kettenlinie, ein gröfseres Gewölbe dieser Form, an der Goeltzschtal-Brücke ausgeführt, steht dort nicht zu seinem Vorteil im Gegensatz mit den Halbkreisen daneben. Bei geringem Unterschied vom Halbkreis fällt das natürlich weniger auf (Bd. 1, Taf. VI, Abb. 43). Die beiden Schenkel eines Spitzbogens werden einzeln leicht als gleichmäfsig gekrümmte Kreisbögen empfunden. Im übrigen ist an den bekannten und viel erörterten Unterschied zu erinnern, wonach dem Spitzbogen kühnes Aufwärtstreben, dem Halbkreise dagegen ruhige Widerstandsfähigkeit zukommt. Dies beruht auf einem statischen Grunde, welcher dunkel geahnt wird, klar ausgesprochen aber so lautet: der Spitzbogen bedarf eine beträchtliche Überlastung des Scheitels, um stabil zu sein. Einer solchen Last gegenüber scheint das Anstreben der beiden Schenkel wohl passend, ähnlich den Streben eines Giebeldreiecks; sie entsteht im Brückenbau durch hohes Mauerwerk, durch die vermehrte Pfeileranzahl eines zweiten Stockwerkes (Taf. IX, Abb. 16), durch Anschüttungen über Durchfahrten (Taf. VII, Abb. 4). Ohne ansehnliche Überlast im Scheitel ist der Spitzbogen nicht gerechtfertigt, und verletzt mit seinem überschüssigen Kraftaufwand das Gesetz der künstlerischen Sparsamkeit. Gegen diese Regel ist freilich bei nicht wenigen Brücken gesündigt worden (Bd. 1, Taf. VI, Abb. 38), um eigenartig oder „gotisch“ zu bauen, aber die alten Werkmeister waren viel zu vernünftig, um den Spitzbogen ohne Überlastung zu brauchen, und haben fast sämtliche mittelalterliche Brücken nach dem Halbkreis oder Stichbogen gewölbt.

An verschieden weiten Öffnungen einer und derselben Brücke können recht wohl verschiedene Bogenformen vorkommen, Halbkreis neben Stichbogen, Halbkreis neben

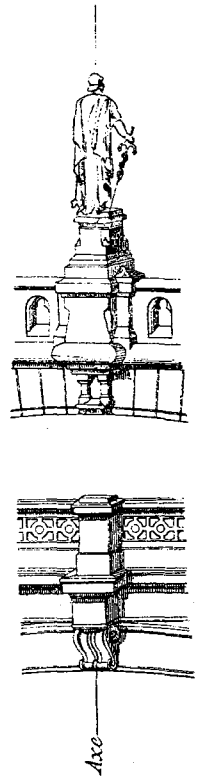
Spitzbogen. Es wäre technisch töricht, und deshalb künstlerisch einseitig, an einem Bauwerk nur eine Sorte von Bögen zu verlangen. Dagegen mufs gewünscht werden, dafs ein etwaiger Unterschied der Bogenformen stark und entschieden genug sei, um die Gründe auf den ersten Blick klar zu machen.

Ein Tragbogen ist anzusehen als verkörperte Bogenlinie, gerade wie ein Balken als verkörperte gerade Linie. Wenngleich die innere und äufsere Bogenbegrenzung selten in überall gleichem Abstand zur Stützlinie liegt, so nimmt doch die künstlerische Anschauung die geometrische Mittellinie des Gewölberinges als zusammenfallend mit der Linie des zusammengefafsten Druckes an. Daraus folgt, wie bei Balken, Tragwänden, Stützen, als Hauptgesetz der architektonischen Formbildung: die Mittellinie mufs Symmetrieachse sein. Jeder Tragbogen soll also nach oben und unten gleich gestaltet werden, weil die beherrschende Achse in seiner halben Höhe liegt. Dies dürfte um so mehr einleuchten, als ein Tragbogen auch zum Anhängen von Lasten verwendet wird (Bogenhängewerk aus Holz oder Eisen), er kann von oben oder von unten her Lasten aufnehmen. Es ist der entgegengesetzte Grundsatz wie bei Einrahmungen, welche statisch gleichgiltig und unsymmetrisch nach innen und aufsen zu halten sind, um ihre lediglich geometrische Beziehung zum Eingerahmten anzuzeigen. Es wurde schon in § 10 angedeutet, wie unstatthaft es sei, diesen Unterschied zu verwischen, obgleich die rohe Urform in beiden Fällen die gleiche, nämlich ein Ring ist, den man ebenso gut unsymmetrisch als symmetrisch weiter ausstatten kann. — Die reichere Entwickelung eines Gewölbes ergeht sich nun nach mehreren Richtungen, welche im Folgenden zu besprechen sind.

Zuerst verdient ein Gewölbe als Tragkonstruktion von der Übermauerung gesondert zu werden, wozu seine Stirnfläche etwas vorspringen mag. Sodann mag die obere und die untere Begrenzungslinie gleichzeitig mittels einer Abkantung, Ansetzen einer Randleiste verziert werden, desgleichen die Mittellinie durch ein laufendes, nach oben und unten symmetrisches Ornament, etwa Backsteinmuster. (Die Behandlung des Gewölbes Taf. IX, Abb. 9 ist hiernach unpassend.) Ferner kann die Stirnfläche eines Gewölbes als Reihe von gleichen Elementen gestaltet werden, was sich im Quaderbau durch Betonung der Fugen, oder durch Bossierung jedes einzelnen Gewölbesteines leicht ergibt (Textabb. 28). Auch eine Reihe von rhythmisch abwechselnden Elementen ist unter der Bedingung zulässig, dafs ihre Anzahl grofs genug ist, um den Gesamteindruck nicht zu stören: abwechselnde Länge oder Bearbeitung der Gewölbesteine, im Backsteinbau mehrere Schichten zusammengenommen als ein Stein angesehen, abwechselndes Vor- und Zurücktreten u. dergl. (Textabb. 22 und Taf. IX, Abb. 19). Immer mufs dieser Rhythmus untergeordnet bleiben der vorhin angeführten Verzierung der Bogenlinie, denn das Zusammenfassen der tragenden Konstruktion ist wichtiger, als ihre Teilung. Aus der Reihe der Gewölbesteine mag der Schlufsstein besonders ausgezeichnet werden, indem er vortritt (Taf. IX, Abb. 9 und Taf. X, Abb. 12), oder über die äufsere Bogenlinie hinaufreicht, oder durch ein Wappen, einen Kopf, ein gröfseres Bildwerk (Taf. XI, Abb. 7 und Kaiser Wilhelm-Brücke in Berlin) u. dergl. ausgestattet wird. Wenn man einen Schlufsstein als Kragstein ausbildet, was an sich einen ansprechenden Gedanken bildet, so ist nur davor zu warnen, den Kragstein leer, ohne Belastung vorspringen zu lassen, wie es im Hochbau nicht selten geschieht. Die Kunstform mufs statisch gerechtfertigt sein, wozu bei Brücken am besten ein unterbrechender Geländerpfeiler dienen kann: Textabbildungen 22 u. 33, ferner Taf. X, Abb. 2 und Bd. 1, Taf. VIII, Abb. 16. Selbst eine Ausweitung der Brückenbahn zu einem Balkon mag vom Schlufsstein aus

unterstützt werden (Fleischer-Brücke in Nürnberg). Dagegen spricht die Absonderung der unteren Gewölbeschenkel mittels wagerechter Schichten in Taf. IX, Abb. 12 nicht an, weil, solange die bogenförmige Linie geht, auch die bogenförmige Konstruktion erwartet wird.

Abb. 33.



Vor der oft gebräuchlichen Verzahnung der Gewölbesteine gegen die Schichten der Übermauerung ist aus künstlerischen Gründen zu warnen, weil die gehörige Sonderung der Bauteile verwischt wird (Taf. IX, Abb. 13, ferner Bd. 1, Taf. VI, Abb. 1 u. 29). Der Bogen trägt, die Übermauerung belastet, man sollte eine Grenzlinie zwischen beiden Teilen sehen. Auch eine Auszeichnung verzahnter Gewölbesteine durch anderes Material, durch Bossieren oder Vorspringen (Taf. VIII, Abb. 11), bringt noch keine deutliche Sonderung hervor und hindert überdies die Ausstattung nach dem Gesetz der Symmetrieachse. Man sollte daher die Verzahnung wenigstens an der Stirnfläche unterlassen, oder wenn grofser Wert darauf gelegt wird, die architektonische Behandlung nicht weiter davon abhängig machen, indem die verzahnten Ecken der Gewölbesteine aufserhalb des eigentlichen Gewölberinges fallen (Taf. IX, Abb. 5). Freilich wenn dabei starker Farbenwechsel stattfindet, wie bei der Brücke Taf. X, Abb. 2, so wird der Zweck, dafs die verzahnten Ecken in der Übermauerung verschwinden, nicht erreicht. Im allgemeinen erscheint daher die völlige Trennung der beiden Bauteile, wie sie die meisten Brücken auf den Tafeln besitzen, am klarsten.

Mitunter verändert sich die Gewölbedicke zwischen Scheitel und Anfängern, was jedenfalls unbeschadet dem Gesetz der Symmetrie geschehen mufs. Man findet demnach zuweilen eine Zunahme der Dicke von unten nach oben. Die innere Bogenlinie ist ein Halbkreis, die äufsere ein stumpfer Spitzbogen. Derartigen sogenannten florentinischen Bögen liegt das Streben unter, den kühneren Eindruck des Spitzbogens mit der Ruhe des Halbkreises zu vereinigen. An kleineren Halbkreisbrücken unter starker Belastung würde das eine recht passende Lösung bilden.[72]) Häufiger kommt die entgegengesetzte Zunahme der Dicke vom Scheitel gegen die Anfänger vor, weil solche den technischen Rechnungen bei gleichförmiger Inanspruchnahme des Baustoffs entspricht. Bei mäfsigen Abmessungen, namentlich an Stichbögen, ist jedoch dieser Grund unwichtig, und dünkt uns auch die Anschauung eines überall gleichstarken Tragringes verständlicher und angenehmer, wie z. B. ein Vergleich der Albert-Brücke (Taf. VIII, Abb. 1) mit der Reesendamms-Brücke (Taf. IX, Abb. 14) bestätigen dürfte. Wenn daher auch etwa die Verstärkung im Innern vorgenommen werden sollte, so brauchte man sie doch an der Stirnfläche nicht zu zeigen. Anders bei beträchtlichen Abmessungen, besonders bei Bögen, welche sich dem Halbkreise nähern (z. B. Taf. IX, Abb. 5 u. Taf. X, Abb. 12). Hier tritt die Aufgabe des gewölbeartigen Stützens als wichtig und eigenartig hervor, weil die Gewölbedicke ungefähr entsprechend der Belastungshöhe wächst, ferner weil der Gedanke eines (überall gleichbreiten) Rahmens ganz zurückgewiesen ist. Es ist ein ähnlicher Erfolg, wie ihn die veränderliche Wandhöhe bei einem Halbparabelträger gegenüber einem Träger mit parallelen Gurten hervorbringt. Noch möge auf die Alma-

[72]) Ein florentinischer Bogen ist am Portal des Tunnels bei Donauwörth angewendet. Bauernfeinds Eisenbahnbau, Bl. 28.

Brücke in Paris (Bd. 1, Taf. VI, Abb. 12) hingewiesen werden, an welcher mit Geschmack dem leichten Stichbogen an der Stirn gleiche Gewölbedicke gegeben ist, während der Korbbogen eben dadurch in der Gewölbedicke vom Scheitel gegen die Anfänger zu wachsen scheint. Künstlerisch unglücklich, weil für den Laien ganz unbegreiflich, dünkt uns die Abnahme der Gewölbedicke im Anfänger und im Scheitel gleichzeitig, wie es die Donaubrücke bei Inzigkofen (Bd. 1, Taf. IX, Abb. 1) und neuerdings wieder die Neckarbrücke bei Neckarhausen[73]) zeigt. Der Charakter des Steinbaues ist hier fast verloren gegangen, auch die Gelenke und Rosetten tragen dazu bei.

Über dem Rücken eines Gewölbes kann passend, wie über der Oberfläche eines Balkens ein Gesims angelegt werden, welches die Bestimmung der Lastaufnahme und des Schutzes vor Wasserablauf hat, also ein gemischtes Trag- und Deckgesims ist. Hierbei wäre einmal Höhe und Vorsprung des Gesimses bescheiden genug als höchst untergeordnetes Glied gegen den Bogen zu halten und zweitens für entschiedene Trennung von dem letzteren zu sorgen, damit der Bogen in sich durchaus symmetrisch abgeschlossen erscheine. Demnach darf der Fugenschnitt der Gewölbesteine an dem Gesims nicht mehr hervortreten, dasselbe sei eine einfach gegliederte glatte Linie. Ein derartiges Gesims zeigen Taf. IX, Abb. 14, Taf. X, Abb. 15, sowie Bd. 1, Taf. VII, Abb. 18 und werden in allen diesen Fällen ganz zweckmäfsig nicht blofs die Bögen, sondern auch deren Verbindungsstücke über den Pfeilern gedeckt. Noch geeigneter, weil bescheidener, ist wohl der schmale Streifen über den Bögen Taf. IX, Abb. 9, wenn man sich das Gewölbe selbst richtig symmetrisch behandelt denkt. Wird aber jenes Gesims in Höhe und Ausladung zu kräftig oder umgekehrt das Gewölbe zu schmal gemacht, so entsteht der Eindruck eines Rahmens (Archivolt), wobei die ersichtlich notwendige Tragkonstruktion nicht zu ihrem Rechte kommt (vergl. § 8). Dieser Gefahr dürfte sich z. B. die Moabiter Brücke (Taf. X, Abb. 6) schon genähert haben, ebenso die Lange Brücke in Potsdam[74]) und die Stauffacher-Brücke in Zürich.[75])

In der Leibungsfläche sind Brückengewölbe gewöhnlich glatt, doch wäre eine Unterbrechung der einförmigen Fläche wünschenswert, wenn sie von Personen unter der Brücke viel gesehen wird. Denkt man sich das Gewölbe als gekrümmte Mauerkonstruktion und wickelt es in eine lotrechte Ebene ab, so können die bekannten Mittel von Mauern Anwendung finden. Verzahnte Quaderstreifen oder Einteilung durch Lisenen ergibt hier Bogenlinien, parallel zur Stirnfläche. Das kostet nur die Mühe, Quader ein wenig nach der Länge zu sichten, bei Backsteinen machts kaum Unterschied. Derartige Streifen sind auch konstruktiv gerechtfertigt, wenn das Gewölbe keine massive Überlastung erhält, sondern mehrere dünne Mauern parallel zur Brückenachse, deren Zwischenräume erst unter der Brückenbahn zu einer Ebene überdeckt werden. Denn diese Mauern belasten das Brückengewölbe nicht gleichmäfsig, fordern also zu einer Teilung desselben in einzelne Tragbögen heraus, ähnlich wie an Holz- und Eisenkonstruktionen, deren gegenseitiger Querverband durch dünnere Zonen besorgt werden kann. Wenn vollends den vortretenden Streifen an der Gewölbeleibung Lisenen an der Pfeilerleibung entsprechen, so ergäbe sich eine gefällige Durchführung desselben Gedankens am gesamten Innern einer Brückenöffnung. Eine andere Verzierung bewerkstelligen (gleich den Zwischenschichten einer senkrechten Mauer, Abb. 23 *a*, S. 188) Streifen an der Leibungsfläche, parallel der Gewölbeachse von Stirn zu Stirn reichend.

[73]) Zeitschr. f. Bauw. 1903.

[74]) Zeitschr. f. Bauw. 1889.

[75]) Schweiz. Bauz. 1899.

Sie müssen hinreichend zahlreich angeordnet werden, um den Zusammenhang der Fläche als Ganzes nicht zu stören; die betreffende Teilung kann auch an den Stirnflächen zu Tage treten, oder aber durch einen Stirnquaderkranz abgeschlossen werden. Von dem bekannten konstruktiven Vorteil, mittels solcher durchlaufenden Streifen den Verband in geringem Mauerwerk zu befördern, hat man namentlich an den Brücken der Brenner-Bahn Gebrauch gemacht.[76])

Endlich wäre als Verzierung der Leibungsfläche ein eigentliches Flächenornament denkbar. Im Backsteinbau namentlich läfst sich ohne alle Störung oder Erschwerung des Verbandes ein Netzmuster aus verschiedenartigen Steinen bilden, welches zudem vor dem Einflufs der Witterung in der Regel besser geschützt bleibt, als auf senkrechten Mauerflächen. Solches ist z. B. an der Lombards-Brücke in Hamburg geschehen, unter welcher sich der starke Wasserverkehr auf der Alster hindurchbewegt.

Den im Vorstehenden an steinernen Tragbögen entwickelten Regeln müssen auch hölzerne und eiserne Bogenkonstruktionen folgen. Eiserne Bögen sollen oben und unten mit symmetrischen Flanschen, Gurten oder sonstigen Bauteilen versehen sein und diese Längenglieder durch Vorsprung, Masse, Farbe übergeordnet den etwaigen Querteilungen in Bogenabschnitte (5. Abt. des Brückenbaues). Bei vollwandigen Bögen können sodann die entstehenden Felder, wie einzelne Gewölbesteine, weiter geschmückt werden, doch immer als Glieder einer höheren Einheit der Reihe, siehe *f*, *g*, *i* in nachfolgender Abb. 34, sowie Taf. VIII, Abb. 15. An Bögen ohne Streckeneinteilung können laufende Verzierungen die Achse und die Ränder hervorheben (Taf. IX, Abb. 3). Aufserhalb des Bogens dürfte etwa eine hängende Verzierung am unteren Rande eingerichtet werden, nach denselben Grundsätzen wie bei Tragwänden (§ 14). Die Vorsprünge von hölzernen Zangen, überhaupt die Einteilung der Sprossen, geben dazu Anhaltspunkte. Auch eignet sich, ähnlich wie bei Schlufssteinen, eine Auszeichnung des Scheitels.

§ 25. Bogenzwickel. Die dreieckigen Zwickel zwischen Tragbogen und Brückenbahn werden mit einer Konstruktion ausgefüllt, welche bestimmt ist, die Belastung der letzteren auf den ersteren zu übertragen. Bei gewölbten Brücken legt man hierbei bekanntlich, damit das Gewölbe aufser der zu seinem Gleichgewicht notwendigen Lastverteilung möglichst erleichtert werde, oft hohle Räume an. Diese Konstruktionsweise lehrt, dafs auch der Eindruck des Äufseren immer ein recht leichter sein solle. Daher Mauerwerk aus kleinen Steinen, ohne bedeutende Fugen, mit heller Farbe. Gebräuchliche Mittel der Verzierung bestehen in Streifen, parallel zur (wagerechten oder steigenden) Brückenbahn (Abb. 26*b* auf S. 197) oder in einer Umrahmung der Zwickelfläche (Taf. VIII, Abb. 18 und Taf. X, Abb. 15). Über kräftigen Gewölben wäre wohl auch die Teilung mittels senkrechter Streifen oder Lisenen (Bd. 1, Taf. VIII, Abb. 24 u. 35) passend, ähnlich den Sprossen einer eisernen Bogenbrücke, vielleicht noch passender als die umrahmte Füllung, welche eine Kunstform aus der Holzkonstruktion ist. Die senkrechten Streifen müssen zahlreich genug mit schwachem Vorsprung und zierlicher Gliederung angebracht sein, damit es nicht den Anschein gewinnt, als sei der Bogen nur in einzelnen Punkten vieleckig belastet. Wie dieses Motiv auch bei gröfseren Abmessungen ansprechen mag, zeigt sich an dem Entwurf zu der Syratal-Überbrückung in Plauen (Bd. 1, Taf. XII), wo die Lisenen mit Halbkreisen vereinigt sind und ziemlich tiefe Nischen zwischen sich fassen.

[76]) Etzel, Österreichische Eisenbahnen, V. Band.

Andere Verzierungen bestehen in Rosetten, Wappen, Inschrifttafeln, welche sowohl in Ermangelung von eigentlichen Pfeileraufsätzen (§ 20) über den Pfeilern als Teilpunkte zweier Öffnungen, wie zur Bezeichnung des Mittelpunktes dreieckiger Zwickel passend sind. Derartige Anordnungen sind aus Taf. IX, Abb. 14 u. 19, sowie aus Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 15 zu ersehen. Es liegt nahe, die Rosetten als Durchbrechungen der Stirnmauern zu benutzen, damit Licht in die etwaigen inneren Hohlräume gelange, und damit das über den Gewölberücken gesammelte Wasser Abzug gewinne. Der letztere Zweck ist z. B. an der Goeltalbrücke (Bd. 1, Taf. VII, Abb. 8) verfolgt. Doch sollte das Entwässerungssystem gut ausgestatteter Brücken tatsächlich nicht seine Auswege in der Stirnfläche nehmen, welche dadurch beschmutzt wird, sondern an der Leibungsfläche der Gewölbe, bezw. der Pfeiler. Die Formbildung jener Rosetten kann jedoch immerhin unter dem Gedanken des Wasserspeiens vorgenommen werden, so die eingerahmten Löcher an der Talbrücke Bd. 1, Taf. VII, Abb. 18. Die reichste Ausstattung von Gewölbezwickeln erfolgt durch vollständige Reliefs, Ornamente oder Figuren. Dergleichen besitzen die Schillings-Brücke in Berlin (Taf. X, Abb. 15), die Drachenbrücke in Braunschweig (Beton) (Taf. XI, Abb. 17) und die Mauritius-Brücke in Breslau.[77])

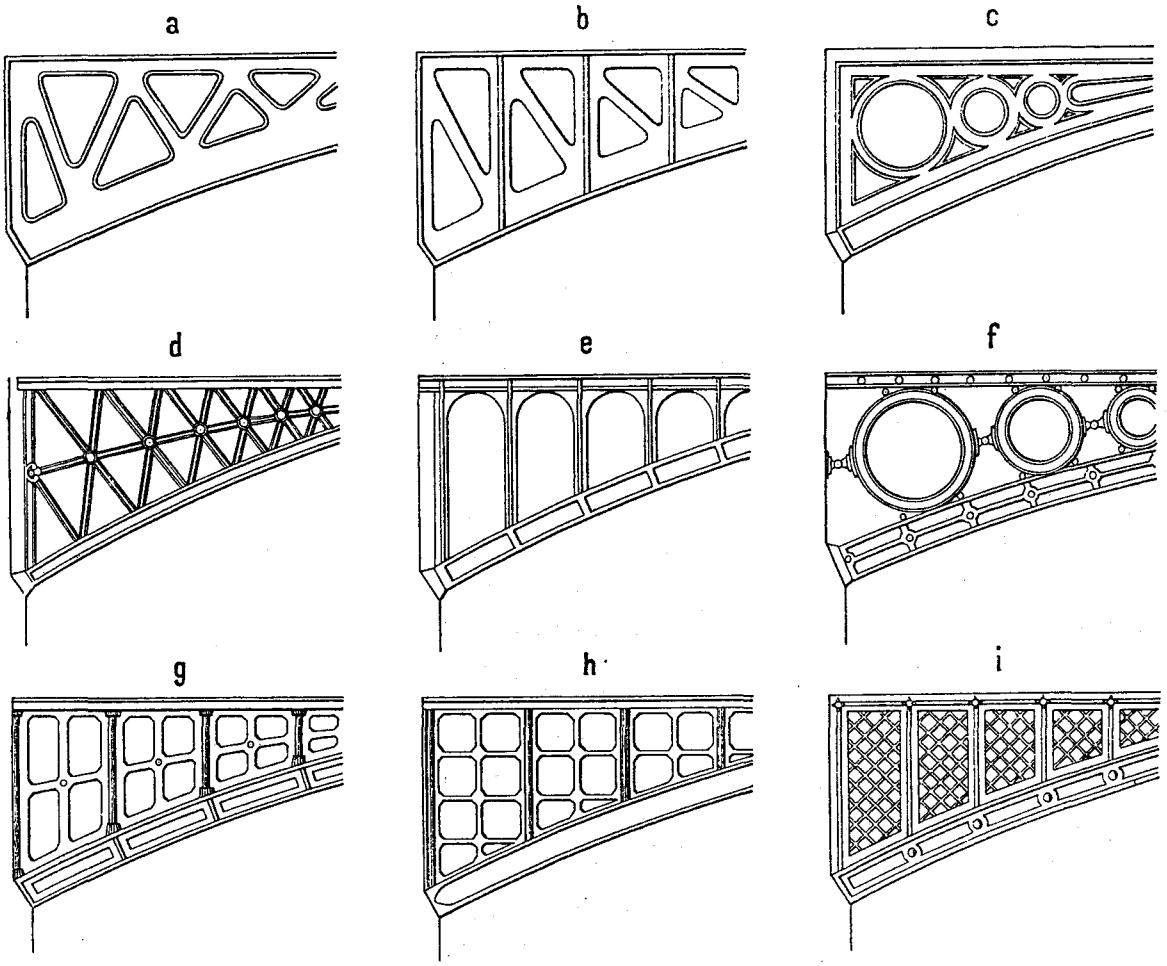
Einen recht lebendigen Eindruck machen solche Hohlräume im Gewölbezwickel, welche quer gegen die Brückenachse angelegt und an der Stirnfläche nicht zugemauert sind, vielmehr offen zum Vorschein kommen (Abb. 1, S. 133, sowie im 1. Bd. S. 15 und mehrere Abbildungen im 1. Bd. auf Taf. VII, IX und X). Dabei ist ebenso wie bei den oben erwähnten Lisenen zu fordern, dafs die Hohlräume zahlreich und schmal genug gemacht werden, um das Gewölbe nicht vieleckig, sondern gleichförmig zu belasten. Ist die Höhe des Gewölbezwickels beträchtlich, so können die Durchbrechungen in zwei Geschossen übereinander angeordnet werden.[78]) So wurde auch die vorhin schon erwähnte Brücke in Plauen an den unteren Teilen der Zwickel behandelt, jedoch hinsichtlich der Form der Öffnungen nicht gerade gefällig.

An eisernen (und hölzernen) Bogenbrücken wird die Ausfüllung der Zwickel bekanntlich nach verschiedenen technischen Systemen gestaltet. In künstlerischer Beziehung ist vor allem entschiedene Sonderung zwischen Bogen, Sprossenwerk und Fahrbahnträger festzuhalten. Störend würde ihre Vereinigung zu einheitlicher Wand ausfallen, wie sie nach *a* in Abb. 34 an manchen Eisenkonstruktionen vorkommt. Das Ganze erscheint mehr als ausgeschnittene grofse Tafel aus Blech oder Gufseisen, deren Öffnungen dann mit Winkeleisen oder Leisten umsäumt sind. Ebenso wenig genügt die Anordnung *b*, wo die Steifigkeit der Tafel mittels übergelegter Rippen verstärkt worden. Dergleichen wäre doch nur bei ganz kleinen Bauten ausführbar. Die Unterdrückung der tatsächlichen Zusammensetzung aus einzelnen Teilen drückt den Mafsstab des Bauwerks herunter. Die Vorstellung einer Fläche, welche wie etwa ein gufseiserner Barren behufs Stoffersparnis durchbrochen wurde, steht im Widerspruch mit der statischen Bedeutung des Bogens. Eine Wand, welche man unten nach einem Bogen, sonst nach gewissen Dreiecken oder Vierecken ausschneidet, wäre eine schlechte Tragkonstruktion. Eine solche Wand hat an dem gefährlichsten Punkte am wenigsten Höhe, steht also schon für das einfache Gefühl in Gefahr, daselbst durchzubrechen. Konstruktiv wahr und künstlerisch schön ist nur Sprossenwerk, welches deutlich getrennt dem Bogen aufgesetzt ist. Ob dann für sich betrachtet die Zwickelfläche als einheit-

[77]) Zentralbl. d. Bauverw. 1885.

[78]) Brücke bei Collet in Frankreich. Zentralbl. d. Bauverw. 1883.

Abb. 34.



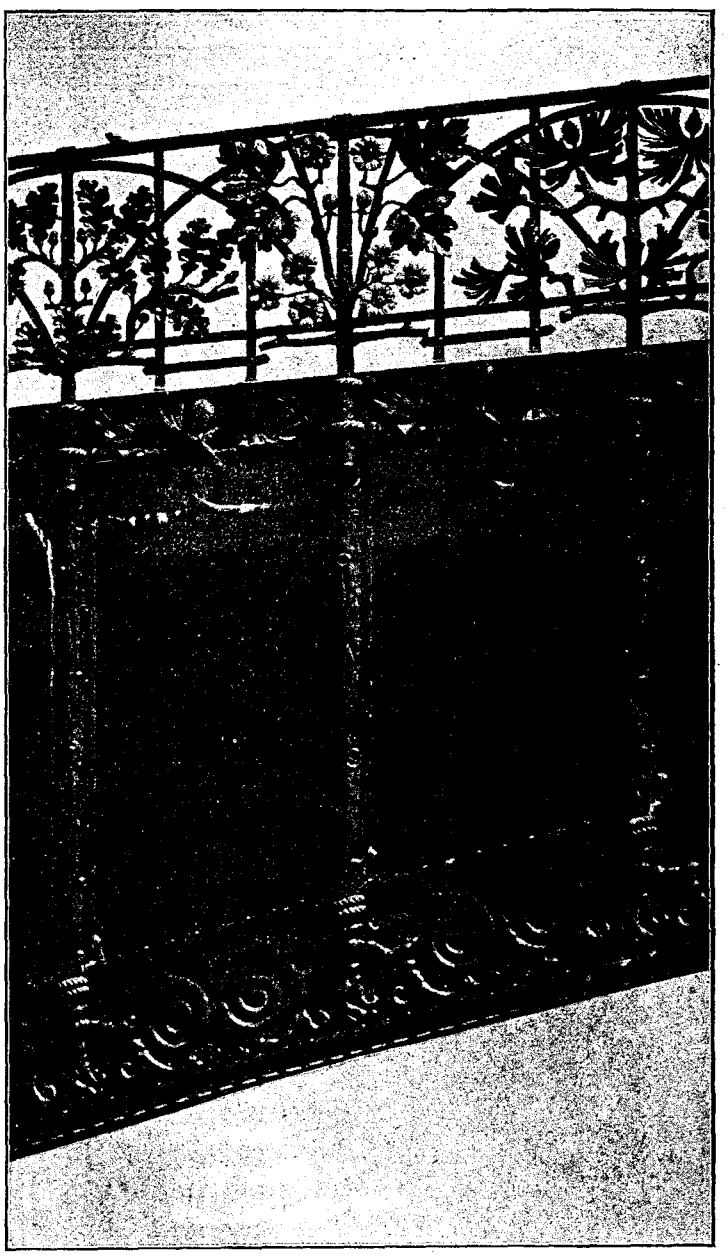
liche dreieckige Wand ausgebildet oder aus einzelnen selbständigen Sprossen zusammengesetzt wird, hängt von den Abmessungen ab. Jenes pafst mehr für kleine, dieses für grofse Konstruktionen, wie der Unterschied zwischen den Abbildungen *c* und *e* einerseits, *f* und *g* andererseits zeigen dürfte (vergl. Abb. 7 auf S. 165 und die zugehörigen Bemerkungen).

Ohne auf den technischen Wert senkrechter, geneigter und ringförmiger Sprossen in den Bogenzwickeln einzugehen, mögen hier noch einige Andeutungen über deren künstlerische Ausstattung folgen, wenn solche überhaupt die nackte Dürftigkeit übersteigen soll, mit welcher man sich besonders bei Schmiedeisenkonstruktionen gewöhnlich begnügt hat. Sind es lediglich senkrechte Sprossen und werden dieselben so spärlich und dünn wie möglich angeordnet, vielleicht auch mit der schmalen Seite in die Stirnfläche gestellt, so entsteht leicht ein so magerer Eindruck, dafs selbst ein an Eisenkonstruktion gewöhntes Auge unbefriedigt bleibt. Im grofsen zeigen sich diesbezügliche Unterschiede namentlich an einigen schweizerischen Brücken. Die Schwarzwasser-Brücke besitzt solche mageren Senkrechten, dagegen sind sie an der Kornhaus-Brücke in Bern kräftig gestaltet. Anderwärts ist dem Übelstand durch Naherücken der Senkrechten abgeholfen, so an der Brücke der Berliner Stadtbahn beim Schiffbauerdamm, oder durch gegenseitige Verknüpfung der Senkrechten, sei es in halber Höhe (Eisenbahnbrücken von Olten, Tarascon, Koblenz), sei es zweifach (Taf. IX, Abb. 8). Eine derartige Verknüpfung würde auch nach Abb. 34 *d* geeignet sein, geneigte Sprossen

zu verstärken und das betreffende Gitterwerk in lauter dreieckige Figuren zu zerlegen. Belege dazu bieten die Southwark-Brücke in London, die Arcole-Brücke in Paris, die Eisenbahnbrücke bei Nevers, die Brücke der Berliner Stadtbahn über die Stallstrafse.[79])

Im weiteren ist hinzuweisen auf das Hervorheben der Ränder in Abb. 34 *c* u. *d* oder der Achsen in *e* und *i* durch Rippen und Zierglieder, jenes mehr die Zusammengehörigkeit, dieses die Selbständigkeit der Elemente betonend. Ferner die Auszeichnung der Durchschnittspunkte der Achsen in *d* und *i*; die Ausbildung zu Stützkörpern, als Pilaster (Taf. VIII, Abb. 9), oder als Pfosten (Admiral- und Marschall-Brücke in Berlin); die Verknüpfung durch eine Tragkonstruktion unter der Brückenbahn in *e* (vergl. Bd. 1, Taf. III, Abb. 8[c]). Reiche Ausbildung nach dem letzteren Motiv besitzen noch der Entwurf zur Sandkrug-Brücke in Berlin (Taf. XI, Abb. 2)[81]), welcher jedoch in der Ausführung vereinfacht wurde, sowie eine amerikanische Brücke im Seepark von Milwaukee (Taf. XI, Abb. 10), woselbst durch den Ingenieur Sanne eine Reihe von architektonisch schön durchgebildeten Brücken hergestellt ist.[82]) Ganz eigenartig stellt sich ferner die nebenstehend abgebildete Verzierung der Friedrichs-Brücke in Freiburg dar: Rankenwerk wurzelt an der Ringfläche des Bogens, sendet Äste im Bogenzwickel empor, trägt mittels Nebenzweigen das Hauptgesims und umspinnt schliefslich mit seinen Blättern das Geländer. Der Naturalismus ist hier weit getrieben, bleibt jedoch unseres Erachtens noch innerhalb der künstlerischen Berechtigung, indem die konstruktiven Zwecke

Abb. 35. *Von der Friedrichs-Brücke in Freiburg.*[80])



[79]) Einige der angeführten eisernen Bogenbrücken sind in der 4. Abteilung des Brückenbaues abgebildet. Quellen teilweise in § 20 angegeben, im übrigen noch anzuführen wie folgt: Schwarzwasser in Zeitschr. f. Bauw. 1886, Berliner Stadtbahn desgl. 1884, Kornhaus-Brücke in Schweiz. Bauz. 1896, Bd. 28, Arcole-Brücke in Allg. Bauz. 1855.

[80]) Mitgeteilt vom städtischen Tiefbauamt in Freiburg.

[81]) Deutsche Bauz. 1883.

[82]) Journal of the Western Society of Engineers, July 1898.

und Formen gewahrt und nur mehr spielend verziert sind, wie es bei einem leichten Bauwerk in anmutiger Umgebung erfreulich und statthaft sein mag (vergl. § 4).

Zu noch reicherer Verzierung dienen Füllungen in den durch die Sprossen erzeugten Feldern. Man findet zu diesem Ende mannigfaltige Formen, welche in Guſs hergestellt, ein nicht zu teures Mittel abgeben, um eine sonst rohe Konstruktion, namentlich schmiedeisernes Sprossenwerk, zu verschönern. Wohl am gebräuchlichsten ist zu diesem Zweck Gitterwerk, sei es mit groſsen Maschen nach Abb. 34 *g* (Brücke St. Louis in Paris) und *h* (Blackfriars-Brücke in London), sei es mit kleineren Maschen nach *i* (Obere Rheinbrücke in Basel, Michael- und Kronprinzen-Brücke in Berlin, Konstanzer Brücke, Taf. IX, Abb. 18). Auſser der Gröſse solcher Maschen kommt es auf ihre Richtung an. Schlieſst man dieselbe nach *h* an die Brückenbahn an, so entstehen am Bogen häſsliche Zerschneidungen, und die Maschen scheinen mehr zu hängen als zu stehen. Besser macht sich die schräge Richtung nach *i*, und am schönsten die Teilung in *g*, wo zwischen Bogenlinie und Brückenbahn vermittelt worden ist. Ferner besitzen die Westminster-Brücke in London (Taf. IX, Abb. 15) Rosetten, die Unterspreebrücke (Taf. VIII, Abb. 17) und die Friedrichs-Brücke in Berlin (vor ihrer Erneuerung) sinnbildliche Figuren innerhalb der Felder ihres Sprossenwerks, einige leichtere Konstruktionen pflanzliches Rankenwerk nach Art ausgeschnittener Holzverzierungen (Taf. VIII, Abb. 15 und Taf. IX, Abb. 3).

§ 26. Hauptgesims und Brückenbahn. Die Bestimmung des Hauptgesimses an Brücken liegt erstens in dem, was dahinter liegt, der Brückenbahn, zweitens in dem, was darunter liegt, der Tragkonstruktion. In beiden Beziehungen ist zunächst ein rein technischer Zweck zu erfüllen, auf welchem sodann auch die architektonische Formbildung fuſst und ihre Gedanken weiter entwickelt.

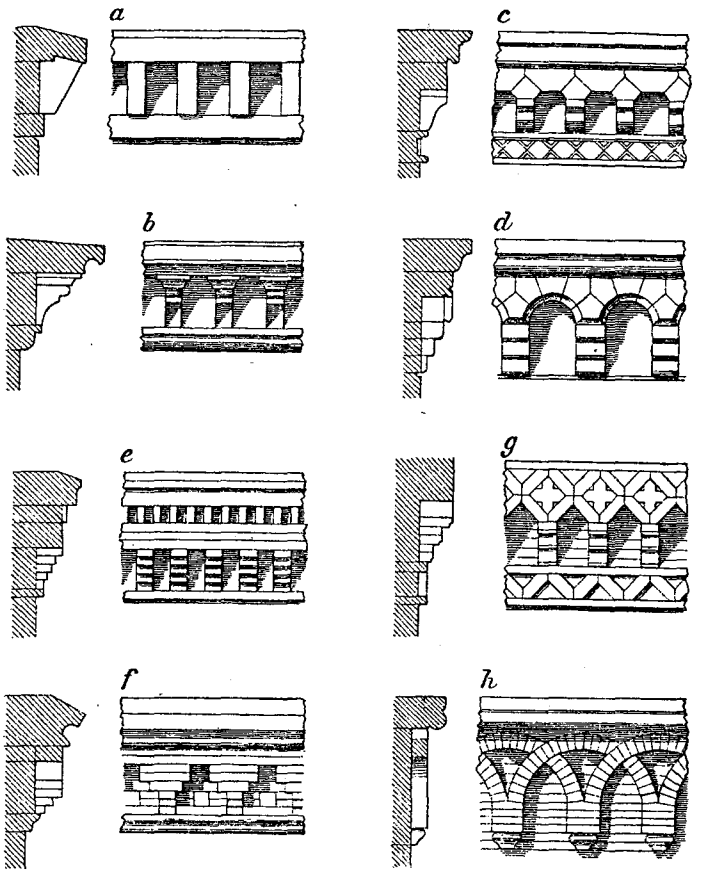
Das Material der Brückenbahn soll eingefaſst werden, was nur in dem Falle nicht notwendig ist, wo keine eigentliche Bahnfläche, sondern ein Rost aus Schwellen und Schienen besteht. Ferner soll, mit Ausnahme geringer Eisenbahnbrücken, der Verkehr durch Geländer gesichert werden. Hieraus folgt, daſs durch ein Hauptgesims (einschlieſslich Geländer) eine Darstellung der Bahn als des eigentlichen Schluſszweckes von Unterbau und Überbau geleistet werden muſs. Den beiden letztgenannten Teilen einer Tragbrücke ist das Hauptgesims gleichwertig und muſs trotz seiner geringen Abmessungen durch Würde und Reichtum der Ausstattung sich jenen ebenbürtig machen. Eine schwere und durch Verkehr noch mehr belastete Fläche soll angezeigt werden. Das geschieht im allgemeinen nach dem Maſs der Höhe, welche man dem Hauptgesims gibt, denn schon der gewöhnliche Sprachgebrauch nennt ein Gesims um so schwerer, je höher es erscheint.

Der zweite Zweck besteht im Decken der ganzen Ansichtsfläche, im Schutz vor Wasserablauf. Wie bei jedem Deckgesims kann hieraus das Maſs der Ausladung entnommen werden. Je höher der Bau, desto beträchtlicher muſs der Vorsprung sein, um Sicherheit in gleichem Grade zu gewähren. Dies führt aber sofort auf den Gedanken, daſs das Hauptgesims eben den ganzen Bau nach oben abschlieſst, krönt. Hier wird das Werk noch einmal gemeinschaftlich bedeckt, wie es unten auf der gemeinsamen Grundlage des Erdbodens ruht. Es ist durch das Hauptgesims wesentlich die Zusammengehörigkeit aller der einzelnen Pfeiler, Öffnungen und Widerlager zu betonen, wozu vor allem durchlaufende wagerechte Linien, auch bei verschiedener Verzierungsweise derartiger Abteilungen im einzelnen, beitragen. Dies ist namentlich wichtig, wo steinerne

Pfeileraufsätze mit eisernem oder hölzernem Überbau wechseln, also auch das Hauptgesims aus verschiedenen Baustoffen besteht. Als Krönung darf aber wieder das Hauptgesims der schmuckreichste Bauteil werden.

Bei einem steinernen Hauptgesims ist die einfachste Anordnung eine vorspringende Steinschicht, welche übrigens in Lage und Höhe nicht genau mit der Brückenbahn übereinzustimmen braucht, sondern zuweilen etwas emporgerückt wird, um bessere Verhältnisse in der Gesamtansicht der Brücke zu erzielen. Reicht eine Steinschicht nicht aus, so mögen mehrere die beabsichtigte Form zusammensetzen oder mehrere Schichten übereinander wiederholt vorgekragt werden, von welchen jede einzelne dasselbe Profil erhält (namentlich bei Backsteinen). Der Eindruck jener einfachen grofsen Form und dieser wiederholten Kleinformen fällt freilich höchst verschieden aus. Im allgemeinen aber erscheinen Gesimse von bedeutender Gröfse mit durchlaufender Gliederung unentwickelt und plump, weil man weifs, dafs sich dieselbe Höhe und Ausladung mit weniger Aufwand durch Kragsteine erreichen läfst. Umgekehrt bilden Kragsteine ein gutes Hilfsmittel, um den Anschein gröfserer Belastung zu geben, denn wo man Vorrichtungen zum Tragen sieht, schliefst man auch auf vorhandene Belastung. Man wird daher besonders an Gesimsen von sonst geringer Höhe Kragsteine gern wählen, auch wenn man konstruktiv ohne sie auskäme, ja selbst Kragsteine und Deckgesims aus einem Stück herstellen, wie z. B. an der Reesendamms-Brücke in Hamburg (Taf. IX, Abb. 14) geschehen ist. Die einzelnen Punkte bei der Formbildung von Kragsteinen mögen nun auf Grund der Abb. 36 *a* bis *h* besprochen werden, von welcher die obere Hälfte für natürliches Steinmaterial, die untere für Backsteine gezeichnet ist.

Abb. 36.



Die Breite der Kragsteine ist um so gröfser zu wählen, je wichtiger ihr Zweck, also schmale Kragsteine unter leichter Gurte, breite unter hoher Masse. Oft sieht man Fehler in dieser Beziehung: mächtige Kragsteine unter niedrigen Platten, also überflüssigen Aufwand, oder winzige Vorsprünge unter schweren Gesimsen, welche mehr daran zu hängen, als zu stützen scheinen.

Hinsichtlich des Verhältnisses zwischen der Breite der Kragsteine und ihrer Zwischenräume findet man als äufserste Grenzen ungefähr: schmale Schlitze, deren Breite nur die Hälfte von derjenigen der Kragsteine beträgt, und weite Lücken bis zu dreifacher Breite der zwischenstehenden Vorsprünge. Mafsgebend dürfte hierbei, aufser der stets zu beachtenden allgemeinen Eigenart des Baues, namentlich die Gröfse der

Ausladung sein. Bei geringer Ausladung denkt man eher an den Zusammenhang der Kragsteine, an ihre Entstehung aus einer gemeinsamen Schicht, bei bedeutender an die Tragfähigkeit jedes einzelnen Vorsprunges. Es scheinen also im ersten Falle geringe, im zweiten ansehnliche Zwischenräume passend. Man vergleiche in dieser Beziehung *e* und *g*. Als ein passendes Mittelverhältnis ist in den vier oberen Abbildungen die Lückenbreite doppelt so grofs wie die Kragsteinbreite angenommen worden.

Der Vorsprung der Kragsteine kann entweder bis an die Vorderkante der zu unterstützenden Last reichen, oder nur einen Teil von deren Vorsprung mit tragen helfen. Das erste pafst offenbar mehr für schwere Belastung, das zweite mehr für eine Platte, welche an sich schon ziemlich tragfähig ist. Umgekehrt gibt das erste den Eindruck energischer Stützkraft, das zweite den der vielleicht nur spielenden Beihilfe, wie der Vergleich von *c* und *d* einerseits mit *b* und *h* andererseits zeigt.

Bezüglich der Höhe von Kragsteinen hat man sich, wie bei jedem Gesims, nach der Gesamthöhe des Bauwerkes zu richten. Da nun nach dem oben Gesagten hiermit auch die Ausladung des Hauptgesimses wächst, so darf die Abart hoher und doch wenig ausladender Kragsteine bei schöner Anordnung nicht vorkommen. Dagegen sieht sehr geringe Höhe bei starker Ausladung in Steinkonstruktion zerbrechlich aus. Die Höhe sollte in der Regel gröfser als die Ausladung sein (*a*, *c*). Ergibt sich hiernach eine ansehnliche Höhe, so wird der Kragstein auch wohl aus mehreren Schichten übereinander zusammengesetzt, sei es in einer Grofsform, sei es in wiederholten Kleinformen (*d*, *e*, *g*).

Die Form der Überdeckung von Kragsteinen hängt zunächst von der Weite ihrer Zwischenräume und von dem zu Gebote stehenden Baustoff ab. Wagerechte Überdeckung mittels der Gesimsplatte selbst, wobei die Grundform den bekannten sogenannten Zahnschnitt bildet, kann nach *a* im Quaderbau weit gehen, beschränkt sich aber im Backsteinbau nach *e* auf geringe Lückenweite. Ein Hilfsmittel besteht dann noch in Tragleisten oder seitlichen Vorkragungen am Kragstein, welche in *b* und *f* die Spannweite des Zwischenraumes verringern. Ferner kommen Sprengwerke aus schräg gestellten Steinen vor (*c* aus Haustein, *g* aus Backstein), deren Grundform in den sogenannten Sägezähnen gegeben ist. Bei ansehnlichen Lücken kommt es endlich zu einem Bogenfries, nach *d* und *h*. Ob dabei Stich-, Rund- oder Spitzbögen gewählt werden, hängt von den sonst im Bauwerk vorkommenden Überspannungen ab. Zu einem Brückengewölbe im Stichbogen pafst in der Regel kein Hauptgesims mit Spitzbögen, neben grofsen wagerechten Trägern gewöhnlich kein Bogenfries. Doch ist sklavische Wiederholung der Formen nicht geboten, sondern mehr der allgemeine Grundzug des Aufwärtsstrebens, oder der wagerechten Erstreckung des Bauwerkes zu beachten.

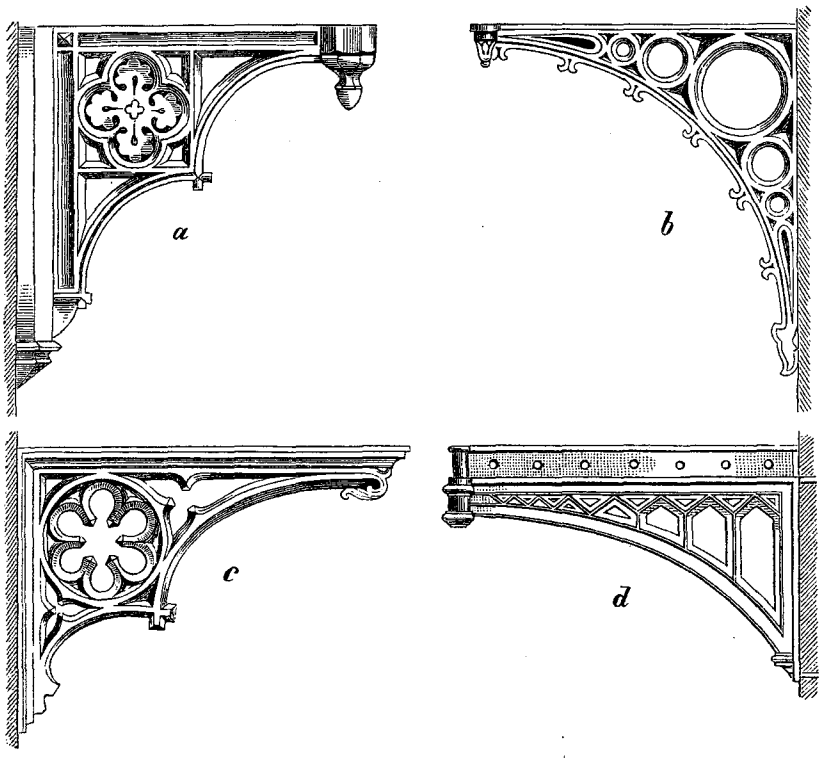
Was die Wurzel der Kragsteine betrifft, so kann, falls sie unmittelbar aus einer Mauerfläche hervorspringen, nur in Gedanken die Verbindungslinie durch ihre Wurzeln als Abteilung zwischen dem Hauptgesims und den darunter befindlichen Bauteilen empfunden werden (*h*). Schöner fällt es in der Regel aus, wenn diese Linie klar bezeichnet wird, zu welchem Zweck eine tiefe Fuge *d*, ein glatter Streifen *a* und *e*, ein Zierglied *b* und *f*, ein bandartiger Fries *c* und *g* dienen kann. Der Fufs der Kragsteine ruht dann gewöhnlich mit auf der Oberkante eines derartigen Zwischengesimses, wie es in den meisten angeführten Abbildungen der Fall ist. Selbstverständlich können die Teile derselben auch einzeln, oder in anderweitigen Zusammensetzungen verwendet werden, z. B. Deckplatte und Fries ohne Kragsteine zwischen beiden u. s. w. Auch

ist eine reichere Ausstattung möglich, wie es an einigen Abbildungen auf den Tafeln, namentlich an den Brückenportalen, zu ersehen.

Über dem eigentlichen Hauptgesims wird das Geländer gewöhnlich beiläufig in die Ebene der Stirnfläche gestellt. Doch kann man dasselbe auch mit auf den Gesimsvorsprung, ja bis an die Vorderkante des Gesimses vorrücken, und gewinnt damit im Steinbau auf anschauliche Weise bedeutend mehr Schwere für das ganze Hauptgesims. Man sehe die Heilgenborn-Talbrücke (Taf. IX, Abb. 16), woselbst die Brüstung ohne Unterbrechung als Massivkörper aufgesetzt scheint, während an den Widerlagern der Waldshuter Brücke (Taf. VIII, Abb. 10) die eigentliche Gesimslinie noch durchgeführt, über derselben aber die Zinnenbrüstung vorgerückt ist. Ein ähnlicher Eindruck kann bei Kanalbrücken hervorgebracht werden, wenn man die das Wasserbett einfassende Mauer mit zum Hauptgesims zieht, wie es in der Tat ihrer Bestimmung als Teil der Brückenbahn entspricht (Taf. VI, Abb. 8, 14, 16).

Bei Hauptgesimsen über hölzernen und eisernen Überbauten besteht ein nicht selten vorkommender Fehler in einer Nachahmung steinerner Gesimse aus Holz, bezw. aus Eisen. Was soll ein Gesims aus (wirklichem oder nachgeahmtem) Stein auf Brücken, deren Überbau doch nie sein leichteres Material verleugnen kann? Wenn man derartiges Blendwerk über Steinbauten anbringt, so ist wenigstens die statische Begründung richtig und nur die Vergänglichkeit zu beklagen. Jedermann weifs aber, dafs man auf Holz- und Eisenkonstruktionen nicht unnötigerweise schwere Baustoffe legt. Die Schwere im künstlerischen Sinne mufs daher nicht durch fremden Stoff, sondern durch massige Formen in wahrem Baustoff erzeugt werden; sie bezieht sich mehr auf die darzustellende Belastung des Verkehrs, als auf das Eigengewicht der Brückenbahn. Demnach gehe die Formbildung einfach wieder von den beiden Zwecken des Einfassens und Überdeckens aus. Am besten gelingt es, wenn die Bahnkonstruktion einen Vorsprung, etwa einen vorspringenden Fufsweg (Taf. VIII, Abb. 16, Taf. IX, Abb. 18, Taf. X, Abb. 3) erhält. Dazu dienen Querschwellen oder Auskragungen, oder beide zusammen, und lassen dieselben eine beträchtliche Ausladung zum Wetterschutz erreichen. An Auskragungen kann schon die einfache Bogenlinie schön wirken (Abb. 30). Will man aber eine weitergehende architektonische Ausstattung, so würde dieselbe nach den Bemerkungen über Bogenzwickel (§ 25) zu erfolgen haben. Für Schmiedeisen eignet sich gewöhnlich am besten Selbständigkeit der stützenden Teile,

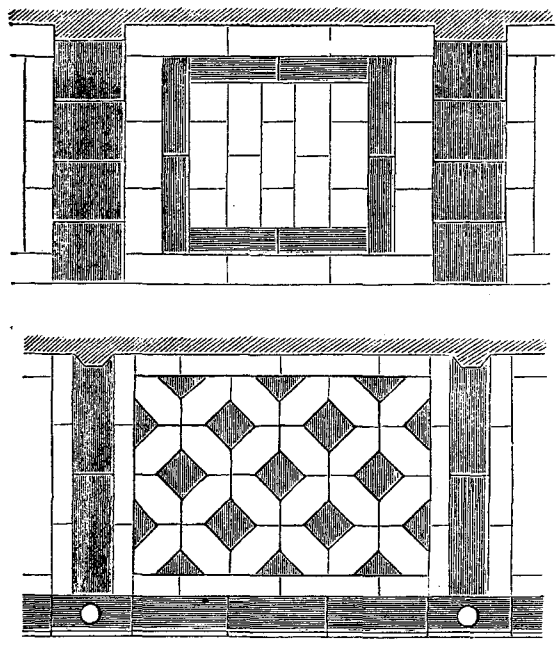
Abb. 37.



unter Umständen mit Füllungen zwischen denselben; für Gufseisen wird meistens die Idee einer durchbrochenen Wand zugrunde gelegt, wie Abb. 37 in *a*, *b*, *c* zeigt, während *d* dem ersteren Gedanken entspricht. Malerische Auskragungen, nach zweierlei Motiven von Drachenköpfen geschmiedet, kommen an der Rheinbrücke in Bonn vor.[83]) Vor den Kragsteinen werde die vorspringende Tafel eingefafst, und erhalte ein darauf stehendes Geländer, sowie etwa einen abwärts hängenden verzierten Saum, bezw. einzelne Köpfe (Taf. VIII, Abb. 16). Das alles läfst sich in Holz, wie in Eisen, entsprechend der Natur des Baustoffes und, wenn man will, in ansehnlicher Höhe ohne viel Durchbrechungen (also mit künstlerischem Gewicht) durchführen.

Wäre aber kein ansehnlicher Vorsprung der ganzen Bahnkonstruktion über die Stirnfläche des Überbaues gestattet, so bestehe das Gesims im wesentlichen aus einer aufrecht stehenden Platte, befestigt auf dem äufseren Rand der Tragwand des Überbaues. Sie bildet die Einfassung für die Bahn, bezw. deren Erdkörper, während von Wasserschutz wenig mehr die Rede sein kann. Die Gliederung wird daher vorzugsweise bandartig sein müssen, und nur etwa noch eine geringe Deckung nach unten vornehmen. Das Gesims mag mit einem laufenden Ornament bandartig verziert sein, und trägt in gleicher senkrechter Ebene das Geländer (Taf. VIII, Abb. 9). Platte und Geländer zusammen werden sich auf geeignete Masse und Schwere bringen lassen.

Abb. 38.



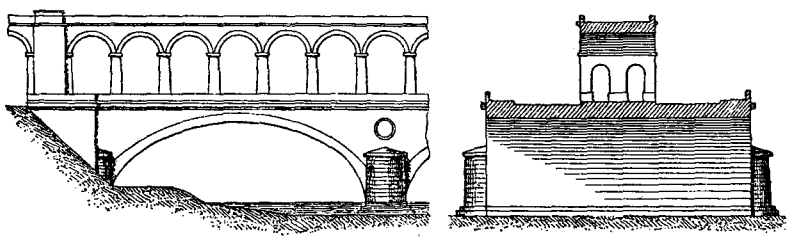
Indem wir uns nun auf die Brückenbahn selbst begeben, so kann von deren architektonischer Ausstattung nur etwa bei den Fufswegen von Strafsenbrücken die Rede sein. Die Fläche eines Fufsweges ist ohne erheblichen Mehraufwand durch Querstreifen zu teilen, welche den Teilpunkten der Brücke, namentlich des Geländers, entsprechen. Auf den dadurch gebildeten Feldern kann sodann durch Einfassung und Musterung weiter ins einzelne geschmückt werden, sei es blofs mittels der geometrischen Figuren von Fugen und Platten, sei es mittels der Farbenunterschiede in mannigfaltigen Baustoffen (Pflaster, Steinplatten, Tonplatten, Terrazzo). Wegen Abnutzung und Beschmutzung kann jedoch nur von grofsen und einfachen Musterzeichnungen die Rede sein, wie beispielsweise Abb. 38 zeigt.

§ 27. Brücken mit mehreren Stockwerken. An manchen Brücken finden sich zwei Bahnen übereinander, meistens Strafse und Eisenbahn. Wo das mit Hilfe von eisernen Tragwänden erreicht wird, erleidet der äufsere Anblick des Bauwerkes keine Abänderung, denn die untere Bahn befindet sich hinter der Tragwand versteckt, die obere allein kommt mit dem ihr gebührenden Hauptgesims zur Erscheinung. Beispiele dieser Art weisen auf z. B. Bern, Aussig in Böhmen, Neckargemünd bei Heidelberg. In Steinkonstruktion aber erhält das Bauwerk nun zwei Stockwerke. So führt die in Abb. 39 skizzierte Brücke des Point du jour in Paris eine Strafse über die Seine,

[83]) Quellenangaben in § 28.

der mittlere Teil ihrer Breite wird durch eine Bogenstellung eingenommen, welche in gröfserer Höhe die Ringeisenbahn trägt. Die Formbildung ist hier folgerichtig so vollzogen, dafs geradezu eine ganze Tragbrücke auf die Bahn einer anderen gestellt ist, doch sind die Abmessungen und Glieder des oberen Stockwerkes zierlicher gewählt, um die gröfsere Aufgabe und Tragfähigkeit des unteren zu kennzeichnen. Nach ähnlichem Grundsatz ist die Oberbaum-Brücke in Berlin angelegt (Bd. 1, Taf. XI, Abb. 2), nur dafs das zweite Stockwerk, eine elektrische Hochbahn tragend, nicht in der Achse, sondern an der einen Seite des unteren aufgebaut ist. Von der Gesamtbreite des unteren Stockwerks, 27,9 m, entfallen 14,35 m auf den Fahrweg, 5,4 m auf den offenen Fufsweg, 8,15 m auf den anderen, mit dem zweiten Stockwerk überbauten Fufsweg. Dem grofsartigen und malerischen Bauwerk liegt der Gedanke zu Grunde, am östlichen Eingang der Stadt den Flufs und den Schiffsverkehr zu bewachen, gegen etwaige Gefahren zu verteidigen.

Abb. 39.



Ein anderer Grund zur Stockwerksteilung liegt bei hohen Talbrücken vor, wenn man annimmt, dafs der Widerstand sehr hoher Pfeiler gegen Zerknicken besonders unter den Erschütterungen von Eisenbahnverkehr nicht mehr genügt. Obgleich nun gegenwärtig der fragliche Widerstand meistens durch geeignete Verstärkung des Pfeilerquerschnittes selbst erreicht wird, und in England z. B. keine einzige Hochbrücke in Stockwerke geteilt ist, so mögen doch die Gesetze der Formbildung hier noch kurz besprochen werden.

Soweit freie Wahl der Höhenverhältnisse vorliegt, kann man Stockwerke mit ungefähr gleicher oder ungleicher Höhe anlegen. Das erstere ist z. B. an den Talbrücken des Goeltals (Bd. 1, Taf. VII, Abb. 8) und von Chaumont (Taf. IX, Abb. 7) geschehen, doch nimmt immerhin die Stockwerkshöhe nach oben um ein weniges ab, damit der Eindruck etwas geringerer Belastung nach oben hin entstehe. Dagegen ist an der Talbrücke von Fleury (Taf. IX, Abb. 20) das unterste Stockwerk, gleichsam als Kellergeschofs, auffallend niedriger als das obere angelegt, und diese Anordnung empfiehlt sich etwa dann, wenn man dadurch zunächst Unebenheiten des Geländes ausgleichen will, um das obere Stockwerk als Hauptbrücke mit gleichförmiger Höhe durchzuführen. Umgekehrt ist an der Talbrücke von Heilgenborn in Sachsen (Taf. IX, Abb. 16) das obere Stockwerk niedrig und zugleich mit kleineren Spannweiten angelegt, wodurch der Vorteil erreicht ist, dafs die Erschütterungen zunächst nur auf kleine Gewölbe wirken und an den gröfseren bereits abgeschwächt sind. In gleicher Art sind auch die dreistöckigen Wasserleitungsbrücken Pont du Gard und bei Roquefavour geteilt.

Im weiteren ist die Formbildung entweder so vorzunehmen, dafs zwei oder drei vollständige Tragbrücken aufeinanderstehen, oder dafs die unteren Gewölbe nur Spannbögen zwischen durchgehenden hohen Pfeilern werden. Das erstere ist an den Talbrücken des Goeltals und von Heilgenborn geschehen: jedes Stockwerk hat Unterbau, Überbau und Hauptgesims, wobei jedoch beide Abmessungen des wagerechten Schnittes der Pfeiler (in der Ansicht und in der Leibung) im oberen Stockwerk etwas geringer gewählt sind als im unteren. Noch eigenartiger tritt der Unterschied in der Belastung

und der entsprechenden Pfeilerdicke an der Talbrücke von Fleury hervor, deren unteres Stockwerk Pfeiler mit sehr kräftigen Mittellisenen besitzt, oder, wenn man will, eine „Torbrücke“ darstellt.

Das zweite erwähnte Verfahren ist in Chaumont mustergiltig durchgeführt. Die Pfeiler steigen als ganzes vom Erdboden bis zum Auflager der Traggewölbe, deshalb ist der Anzug derselben in der Ansicht ganz stetig von unten bis oben, die Leibungsflächen sind statt des Anzugs senkrecht angelegt, aber an jedem Spannbogen mit einem kleinen Absatz versehen, entsprechend dem wenngleich unbedeutenden Zuschufs an Belastung, so dafs auch hier im ganzen Verjüngung von unten nach oben entsteht. Die Spannbögen sind beträchtlich schmäler als die Tragbögen, wie es für ihren Zweck genügt. Besonders augenfällig dient je ein Gesims dazu, um Pfeiler und Spannbögen gemeinsam zu umschlingen, und damit die Sicherheit des ganzen Bauwerks gegen Ausweichen in zwei wagerechten Ebenen übereinander darzustellen. Zu bedauern ist nur, dafs diese Zwischengesimse als Deckgesimse gegliedert sind, und nicht vielmehr als Bänder, welche in gleicher Weise nach oben und unten wirksam und demnach symmetrisch in Bezug auf ihre wagerechte Achse anzuordnen sind; dann wäre der Eindruck einer Zerteilung des Pfeilerschaftes noch besser vermieden worden. Auch hätten diese Zwischengesimse an Masse dem Traggesims unter den Hauptgewölben untergeordnet werden müssen. Noch mag darauf hingewiesen werden, dafs der Ansatz der Spannbögen an den Pfeilern mit Recht nicht durch ein Gesims bezeichnet ist, denn jene sind ja Teile, deren Eigengewicht und Tragfähigkeit unerheblich gegenüber der Aufgabe des wagerechten Absteifens ist. Aus dem gleichen Gesichtspunkt mufste sogar das Auflager des Spannbogens versteckt werden. Die obere wagerechte und die untere gebogene Linie sind vielmehr die durch den Baustoff bedingten Begrenzungslinien einer Spreize, und diese Vereinigung von Bogen und Band ist das Vorbild für Querverband im Steinbau. Dann bedarf es aber auch in künstlerischer Hinsicht keiner Unterstützungspunkte, keiner Absätze an den Pfeilern, und offenbar gewinnt damit die Anschaulichkeit der wesentlichen Dienste aller Teile. Nach den eben geschilderten Grundsätzen sind auch die Spannbögen der Bietigheimer Talbrücke (Bd. 1, Taf. XV, Abb. 5) angeordnet, nur dafs hier Traggesims und Bandgesims zusammenfallen.

§ 28. Brücken-Eingänge und Abschnitte. Einen eigentümlichen und bedeutsamen Schmuck können Tragbrücken durch Baugegenstände erhalten, welche über der Brückenbahn emporragen und die Eingänge zur Brücke, sowie etwa ihre Hauptabschnitte, z. B. die Mitte der ganzen Länge, die Gruppenpfeiler, ja sämtliche Pfeiler und die Mitten der Öffnungen betonen. Zwar liegt ein konstruktiver Zweck oder auch nur der Anschein eines solchen wie bei den Portalen von Wandbrücken (§ 15, 16) nicht vor. Aber so gut wie man dort oft weit über das Bedürfnis hinausgeht, so ist es auch hier bei reicherer Ausstattung wohl berechtigt, die Endpunkte und die hauptsächlichen Teilungspunkte einer Brücke architektonisch hervorzuheben. Es kommen dabei Gebilde zur Anwendung, wie sie z. T. schon in § 15 für Wandbrücken besprochen sind: Laternen, Fahnenstangen, Obelisken, Bildwerke, Türme u. dergl., in der Regel paarweise zu beiden Seiten der Brückenbahn, sowie vollständige Tore über der letzteren. Praktische Gründe können aufserdem noch liegen in der Beleuchtung, in militärischer Verteidigung, in Geschäftsräumen und Wohnräumen für Brückenwärter und Bahnwärter, in Schutzräumen für das Publikum bei schlechtem Wetter. Häufig wurden, besonders im Mittelalter, Zwecke der Bewachung und Verteidigung verwirklicht; so sind z. B.

Tore erbaut an dem Ponte molle in Rom (antike Brücke, später befestigt), vor der Moldaubrücke in Prag. Neuerdings kommt es erfreulicherweise wieder öfter zu derartigem Schmuck, obgleich es sich meistens um einen „künstlerischen Überfluſs“ handelt, welcher Geld kostet.

Was die Stellung der betreffenden Baugegenstände betrifft, so liegt es am nächsten, die wirklichen Enden der Brücke, ihre Widerlager oder Landfesten, als Eingänge auszuzeichnen. Wo indessen eine bedeutende Mittelöffnung zwischen kleineren Zufahrtsöffnungen oder eine Strombrücke zwischen untergeordneten Flutbrücken steht, werden auch wohl die trennenden Gruppenpfeiler als Eingänge und die Zufahrten als dem Ufer zugehörig angesehen, z. B. Taf. IX, Abb. 10 und Taf. X, Abb. 3 u. 13. Bei der Rheinbrücke in Bonn wurden sogar nach Taf. X, Abb. 5 die Haupttore noch weiter vorgeschoben, so daſs die beherrschende Mittelöffnung für sich ihre Eingänge besitzt, aufserdem aber auch die Landpfeiler, nur in untergeordneter Weise, bekrönt. Bei einer Brücke mit mehreren Öffnungen kann etwa der mittlere Pfeiler ausgezeichnet werden, wie an den Rheinbrücken in Basel und Düsseldorf, sowie an der Saalebrücke in Kösen[84]), oder das mittlere Paar von Pfeilern, wie an der Oberbaum-Brücke in Berlin (Bd. 1, Taf. XI, Abb. 2). Hierdurch wird das Auge auf die Bedeutung des Stromstrichs gelenkt und liegt es dann nahe, wie in allen genannten Beispielen geschehen, nur den stromaufwärts gerichteten Kopf des Pfeilers gleichsam zur Abwehr auszuzeichnen. Statt dessen mögen bei groſser Länge der Brücke Gruppen gebildet und deren Trennungspfeiler hervorgehoben werden. Schliefslich könnte die ganze Brückenlänge gleichmäfsig ausgestattet werden, wofür die Schloſsbrücke in Berlin (Taf. VIII, Abb. 3) mit Bildwerken auf zwei Landpfeilern und zwei Mittelpfeilern (Architekt Schinkel), die Lombards-Brücke in Hamburg (Taf. IX, Abb. 19) desgleichen mit Kandelabern, die Kaiser Franzens-Brücke in Prag (Textabb. 22, S. 187) mit Lichtmasten über sämtlichen Schluſssteinen Beispiele geben. In dem Entwurf von Krone und Ebhard zum Wettbewerb für Worms wurden sogar Tore über sämtlichen Pfeilern angenommen, so daſs die Brücke gleichsam in eine Reihe von Sälen zerlegt ist, welche man nacheinander durchschreitet. Das würde freilich einen groſsen Aufwand erfordern, daher von ganzen Toren an keiner neueren Brücke mehr als zwei, nämlich als Eingangstore, vorkommen, manchmal auch nur eines, wo das eine Brückenende wegen Nähe der Stadt oder dergl. wichtiger als das andere erscheint. Früher veranlaſsten geschäftliche Vorteile zuweilen dazu, eine Brücke mit ganzen Buden- oder Häuserreihen zu besetzen (Krämer-Brücke in Erfurt, Ponte vecchio in Florenz, Ponte rialto in Venedig). Jetzt möchten eher gesundheitliche Rücksichten in Frage kommen, um den Gefahren des Zugwindes vorzubeugen[85]) (vergl. die Erörterungen über verschalte und überdachte Wandbrücken in § 13 und 14).

Bei der allgemeinen Anordnung der hier zu erwägenden Bauteile liegt eine besondere Schwierigkeit darin, daſs zweierlei Standpunkte zu berücksichtigen sind, indem der Beschauer entweder ein Gesamtbild der Brücke von aufsen her aufnimmt oder sich auf der Brückenbahn befindet. Für den ersteren erscheinen bauliche Massen über der Bahn besonders da erfreulich, wo das ganze Brückenbild sich mehr in die Länge als in die Höhe erstreckt, also bei ausgedehnten Strombrücken und bei Talbrücken mit

---

[84]) Zentralbl. d. Bauverw. 1895.

[85]) Vorschlag für die Augustus-Brücke in Dresden. Zeitschr. f. Arch. u. Ing.-Wesen, Wochenausgabe 1898, S. 436.

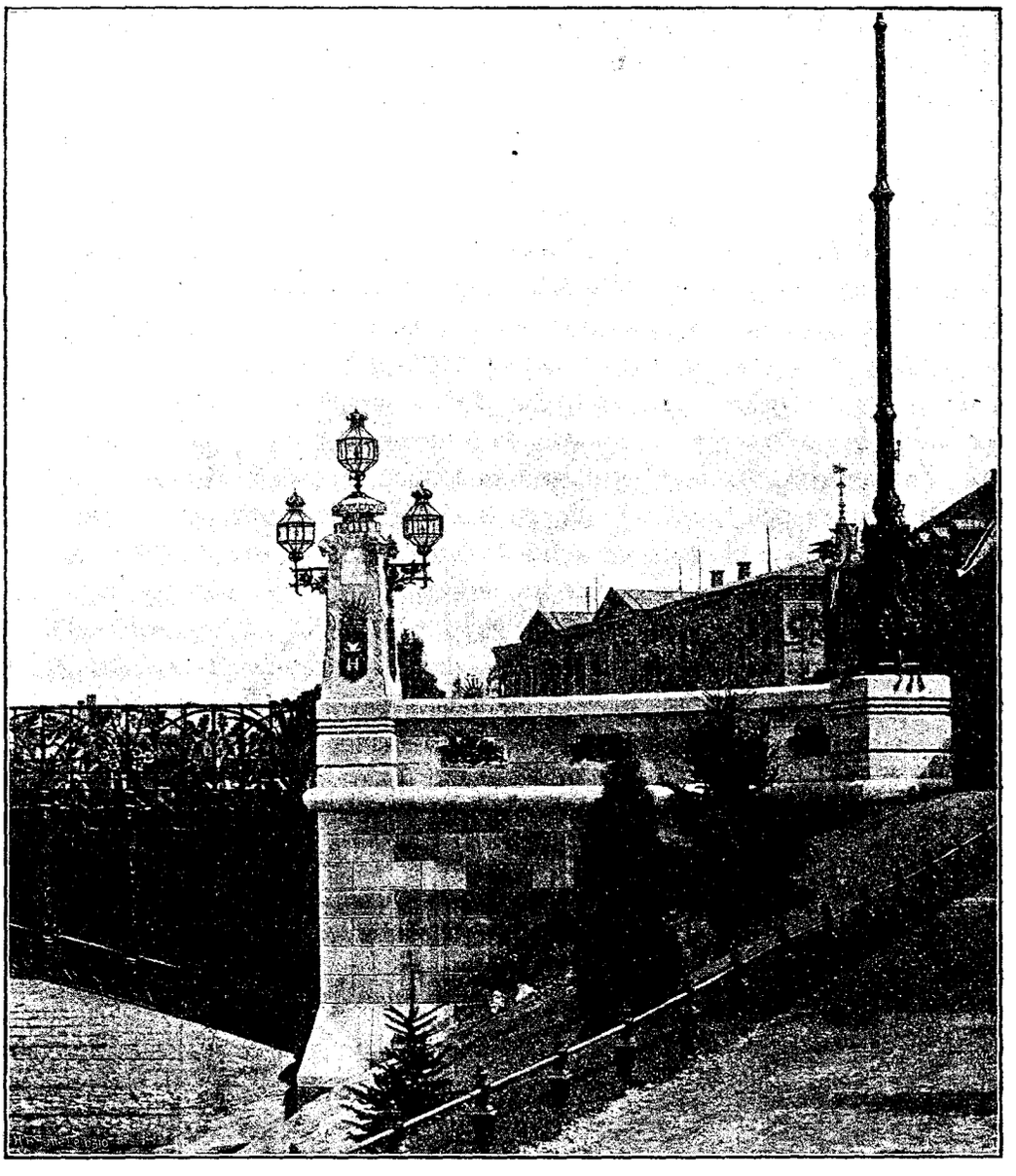
zahlreichen Öffnungen. Dagegen würde man Aufbauten eher entbehrlich, ja kleinlich finden, wo die Brückenpfeiler schon an sich durch Höhe und Ausbildung eine bedeutende Wirkung ausüben. Jedenfalls sind gute Verhältnisse zwischen allen übereinanderstehenden Bauteilen: Pfeiler, Pfeileraufsatz, Bekrönung zu beachten, zugleich aber auch die Beziehungen zur Länge der Brücke und ihrer einzelnen Strecken. Wenngleich Obelisken, Laternenträger u. dergl. bei geringer Körperlichkeit gegen grofse Baumassen fast verschwinden mögen, so erhalten sie doch bei Brücken von mäfsiger Längenausdehnung hervorragende Bedeutung im Gesamtbild. Für die Betrachtung von der Brückenbahn aus kann entweder nahe herzugetreten werden, um jeden Gegenstand einzeln zu würdigen, oder es läfst sich, namentlich bei Brücken mit mehreren Öffnungen, die Übersicht einer ganzen Reihe gewinnen, wenn man sich der Brücke auf der Zufahrtstrafse nähert. Man empfängt somit ein Gesamtbild von aufsen und ein anderes von innen. Dabei kann unter Umständen auf gleichartige Behandlung einer Reihe Wert gelegt werden, sei es aus künstlerischen Rücksichten (z. B. Schlofsbrücke in Berlin), sei es aus Sparsamkeit (z. B. kurzweg auf jeden Pfeiler eine Laterne). Im allgemeinen aber wirkt Mannigfaltigkeit unter den gewählten Abteilungsgegenständen erfreulicher, sei es, dafs die hervorragendsten in die Mitte kommen (Oberbaum-Brücke in Berlin), sei es, dafs die gröfsten zunächst den Landfesten aufgestellt werden und kleinere zwischen sich nehmen, so die Bildwerke an der Moabiter Brücke (Taf. X, Abb. 6), die Obelisken an der König Karl-Brücke in Cannstatt, die Fahnenstangen an der Lombards-Brücke in Hamburg und namentlich die Eingangstore an allen damit ausgestatteten Brücken.

Es seien nunmehr die in Betracht kommenden Gegenstände einzeln erörtert. Die allergebräuchlichsten sind unstreitig die Hilfsmittel, welche an den meisten Strafsenbrücken deren Beleuchtung fordert, nämlich Laternenträger, welche auf die Teilpunkte der Brücke, Pfeiler oder Schlufssteine gestellt werden und dieselben architektonisch auszeichnen sollen. Die betreffende Aufgabe ist nicht leicht, weil nicht blofs die vorhin angeführten verschiedenen Standpunkte des Beobachters zu berücksichtigen sind, sondern auch häufig der Gegensatz zwischen den zwei Baustoffen Stein und Eisen. Die letztere Schwierigkeit wird bei Obelisken oder Kandelabern aus Stein umgangen (s. u.), sowie auch bei Figuren oder Figurengruppen als Lichtträgern. Sonst aber erscheinen die Laternen an ausgeführten Brücken oft zu mager, weil irgend ein vorrätiges Modell einer Strafsenlaterne verwendet wurde. Man vergleiche z. B. an der Konstanzer Brücke (Taf. IX, Abb. 18) die Bildsäule mit dem gleichgestellten Laternenpfosten. Es soll einerseits gebührende Belastung stattfinden, anderseits auch leichtes Emporwachsen bei dem letzten krönenden Abschlufs, mit allmählichem Übergang aus dem Unterstützungskörper. Dies gelingt namentlich bei einer Mehrzahl von Laternen auf einem Stamm. Gute Verhältnisse zeigen z. B. für je eine Laterne die eisernen Pfosten an der Schillingsbrücke in Berlin (Taf. X, Abb. 15), an den Hamburger Brücken Taf. IX, Abb. 14 und Textabb. 57. Für je zwei Laternen erscheinen wohlgelungen die Kandelaber der Margarethen-Brücke in Budapest (Taf. VIII, Abb. 16), für je drei diejenigen der Obermainbrücke in Frankfurt (Taf. IX, Abb. 21) und der St. Annen-Brücke in Hamburg (Taf. XI, Abb. 3). Für je fünf Laternen endlich findet man hübsche Vorbilder an der Lombards-Brücke (Taf. IX, Abb. 19) und an der Heilig-Geist-Brücke (Textabb. 27*b* auf S. 199) in Hamburg.

Während die vorstehend erwähnten Abbildungen hauptsächlich die Beziehungen zwischen einem Brückenpfeiler und dem darauf stehenden Beleuchtungskörper für die Ansicht von aufsen nachweisen sollen, dürften wohl auch Darstellungen über den letz-

teren allein willkommen sein, um, insbesondere für den Standpunkt von innen her, die Verhältnisse zwischen Untersatz, Stütze und Laternen, sowie die Konstruktionsformen zu erkennen. Hierzu mögen aufser der bereits angeführten Taf. XI, Abb. 3 die Abbildungen Taf. XI, Abb. 14 dienen. Hier sind *a* und *b* aus Motiven in Berlin, *c* und *d* aus solchen in Hamburg zusammengestellt. *a* und *c* tragen je zwei, *b* und *d* je drei Laternen; durch quergestellte Arme liefsen sich hieraus leicht Gruppen von bezw. 4 und 5 Laternen bilden. Man beachte die Unterschiede in der Form der Laternen: ab-

Abb. 40. *Friedrichsbrücke in Freiburg.*[86])



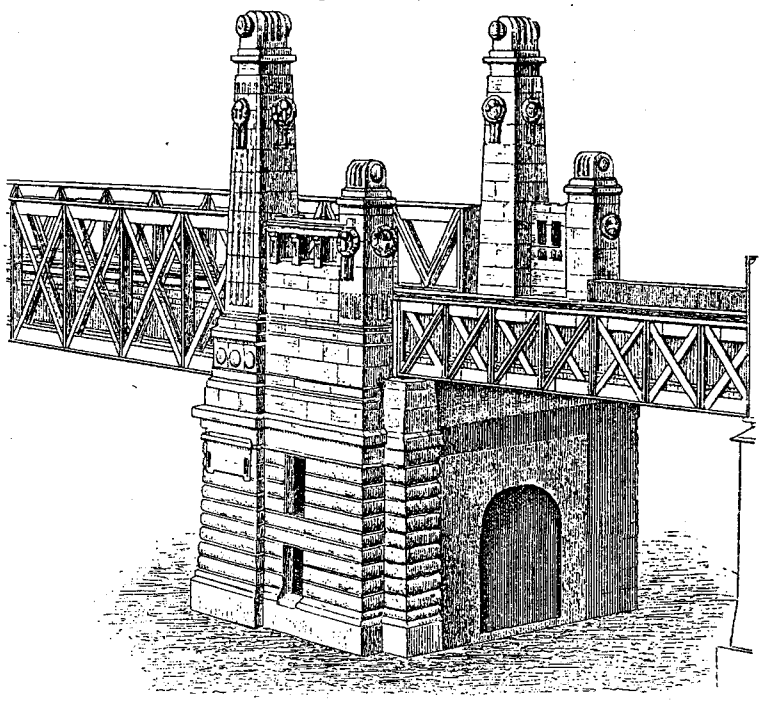
gestumpfte Pyramide, Prisma, Zylinder, Kugel; ferner in der Auskragung der Arme, bei welcher aufserdem Textabb. 37 benutzt werden könnte, endlich die verschiedenen Breiten der Postamente und infolge dessen verschiedenen Arten der Verstrebung der Pfosten. Als ein Beispiel besonderer Zierlichkeit, wegen Befestigung an Hängestangen, möge noch Textabb. 11 (S. 172) hervorgehoben werden.

[86]) Mitgeteilt vom Städtischen Tiefbauamt Freiburg i. B.

Einen wohlfeilen und wirksamen Schmuck gewähren ferner Fahnen. Die hierzu gehörigen Stangen können entweder Tore und andere Bauwerke begleiten und bekrönen, wie in mehreren Abbildungen ersichtlich ist, oder selbständig aufgestellt werden. Im letzteren Falle bedürfen sie sowohl aus konstruktiven als aus künstlerischen Gründen einen kräftigen Fufs. Ansprechende Beispiele zeigen die Friedrichs-Brücke in Freiburg (Textabb. 40) aus Metall und die Rabenbrücke in Strafsburg (Taf. XI, Abb. 11) aus Stein.[87])

Vereinzelten Pfeilerkörpern hat man neuerdings oft die Form von Obelisken gegeben. Wenn man aber nach den zugrunde liegenden Gedanken fragt, welche doch jedes Kunstwerk verkörpern soll, so ist es damit nach Ansicht des Verfassers schlecht bestellt. Der egyptische Gebrauch als Inschriftenträger kommt nicht mehr vor; als Wahrzeichen, gleichsam aufgehobene Finger, erscheinen diese wenig gegliederten viereckigen Körper unfein; selbst eine reichere Ausstattung mit Gesimsen, Wappen, Kränzen u. dergl. beseitigt nicht den Eindruck einer gewissen zwecklosen Plumpheit (vergl. die Bemerkungen über Monolithe bei Wandbrücken in § 15). Zum Belege des Gesagten sei hingewiesen auf die Obelisken an der König Karls-Brücke in Cannstatt Taf. X, Abb. 14, (19 m hoch!), der Luther-Brücke in Berlin, der Kornhaus-Brücke in Bern. Besonders häufig kommen Obelisken an der elektrischen Hochbahn in Berlin und an der Stadtbahn in Wien vor, um die Pfeiler, namentlich die Endpfeiler und die zwischen zweierlei Überbaukonstruktionen stehenden Gruppenpfeiler auszuzeichnen. Wo hierbei mäfsige Höhen und geschmackvolle Verzierungen verwendet, etwa auch noch Brüstungsmauern u. dergl. angeschlossen werden, können ansprechende Bilder entstehen, wie es z. B. die Brücke über den Wienflufs in Abb. 41 zeigt. Aber ein steinernes Ausrufungszeichen, gleich demjenigen in Taf. XI, Abb. 5 von der Berliner Hochbahn, dünkt uns ziemlich langweilig.

Abb. 41. *Brücke über den Wienflufs beim Bahnhof Meidling-Hauptstrafse.*[88])



Besser gerechtfertigt werden Obelisken durch von ihnen getragene Laternen oder geeignete Bildwerke. Man hat sich nur in acht zu nehmen, dafs die Masse des Trägers allzu wuchtig gegen diejenige des Getragenen erscheine. In dieser Beziehung vergleiche man die Obelisken an der Grofsen Weserbrücke in Bremen (Taf. X, Abb. 4), mit denjenigen an der Luitpold-Brücke in Würzburg (Taf. X, Abb. 12) und an der Friedrichs-Brücke in Freiburg (Abb. 40). Erst in den zwei letztgenannten Beispielen erscheinen die Obelisken zierlich genug im Vergleich zu den angeschraubten Laternen. Schöne Belege zu Bildwerken auf Obelisken bieten die Adler an der Stephanie-Brücke

[87]) Deutsche Bauz. 1894.

[88]) Nach Schweiz. Bauz. vom 1. Febr. 1902, S. 48.

in Wien und an der Friedrichs-Brücke in Berlin (Abb. 42), die Trophäen an der Kaiser Wilhelm-Brücke daselbst. Anderseits zeigen die mit kleinen Löwen bekrönten Obelisken an der Stauffacher-Brücke in Zürich, dafs nicht alle Gegenstände auf die Spitze dünner Pfeiler passen.[89])

Im allgemeinen sind Bildwerke am Eingang von Brücken besonders erfreulich, weil durch sie tiefere Gedanken ausgesprochen und angeregt werden können, als durch blofse Steinkörper. Letztere dienen dann als Untersätze in den mannigfaltigsten Formen: blockartig oder aufstrebend, mit Sockel und Gesims ausgestattet, etwa gegliedert durch Pilaster, Ecksäulen u. dergl. Das gröfste Beispiel dieser Art ist für die Alexander-Brücke in Paris ausgeführt (Schaubild Bd. 1, S. 25), mit Figuren begleitet und gekrönt, eine vornehme Ausschmückung, zu der beträchtlichen Spannweite des eisernen Bogens passend.[91]) Von anderen Belegen seien angeführt die Schalen an der Cannstatter Brücke (Bd. 1, Taf. III, Abb. 8[c]), Wappentiere an der Moabiter Brücke (Taf. X, Abb. 6), Löwen vor der Nilbrücke in Kairo, vor der Britannia-Brücke (Taf. VIII, Abb. 2), vor der Kaiser Franzens-Brücke in Prag (Taf. XI, Abb. 12), ferner die Gruppen der Berliner Schlofs-Brücke (Taf. VIII, Abb. 3), die hochragenden Figuren der Belle-Alliance-Brücke und die hingestreckten der Von der Heydt-Brücke in Berlin, die Kaiser-Standbilder auf den Landfesten der Kaiserbrücke in Freiburg. Als ein einseitig (stromaufwärts) aufgestelltes Bildwerk von vortrefflicher Wirkung ist der Löwe auf der Strafsenbrücke über den Rhein bei Düsseldorf (Taf. XI, Abb. 4) anzuführen.

Abb. 42. *Lichtträger von der Friedrichs-Brücke in Berlin.*[90])

Bildsäulen über der Mitte von Brückenöffnungen zeigen sich in Bd. 1, Taf. VIII, Abb. 16 und in Abb. 33 auf S. 213 (Trostbrücke in Hamburg). Wo Bildwerke neben Architekturkörpern aufgestellt werden, wie an der Cannstatter Brücke (Taf. X, Abb. 14) wendet sich das Auge gern jenen zu und hält diese leicht für übertriebenen Aufwand, indem eben ein geistiger Gehalt höher steht, als blofse Massenwirkung. Wie wichtig an Bildsäulen die Verhältnisse zwischen ihrer eignen Höhe und ihrem Unterbau sind, ist hier nicht näher auszuführen. Es möge nur hingewiesen werden auf den Unterschied, welchen die genannten Beispiele in Bezug auf die Höhe der Figur über der Brückenbahn besitzen. Hinsichtlich eines schönen Postaments sei noch auf die bevorstehende zweite Neckarbrücke in Mannheim hingewiesen (Architekt Hofmann). Unterbau, Vorkopf, Pfeileraufsatz und Postament wach-

[89]) Abbildungen der im vorstehenden genannten Obelisken: König Karls-Brücke in Zeitschr. f. Bauw. 1895; Stefanien-Brücke in der Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1885; Kornhaus-Brücke in Schweiz. Bauz., Zentralbl. d. Bauverw., Deutsche Bauz. 1898; Stauffacher-Brücke in Schweiz. Bauz. 1899; Wienflufs-Brücke in Schweiz. Bauz. 1902; Elektrische Hochbahn in der Berliner Architekturwelt, Deutsche Bauz. und Zentralbl. d. Bauverw. 1902.

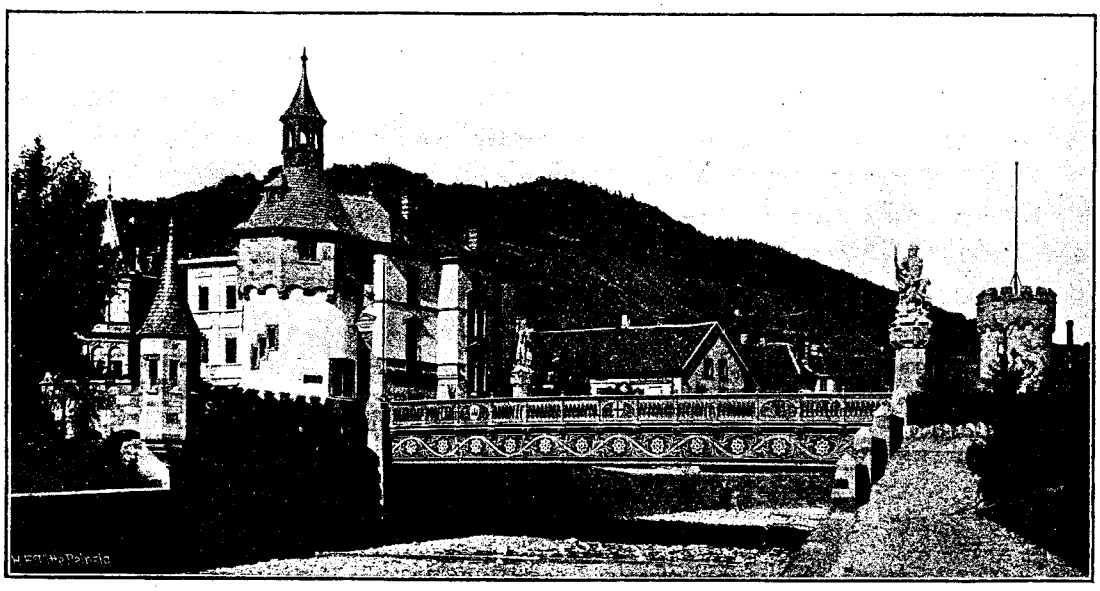
[90]) Aus: Die Strafsenbrücken Berlins, Band 1, S. 101. Berlin 1902, Jul. Springer.

[91]) Zentralbl. d. Bauverw. 1898 und Deutsche Bauz. 1897.

sen vortrefflich übereinander empor, merkwürdigerweise fehlt aber im Entwurf die Krönung durch eine Bildsäule oder einen Kandelaber.[92])

Eine andersartige Auszeichnung für Brücken-Eingänge und Abschnitte besteht in Behausungen irgend welcher Art, auch wenn sie vielleicht nicht durchaus notwendig sind, aber doch auf irgend einer Zweckbestimmung beruhen (vergl. § 2). Man ersieht Bahnwärterräume in Taf. VIII, Abb. 19[93]), Taf. IX, Abb. 12, sowie in Bd. 1, Taf. VII, Abb. 18; Schutzhütten in Taf. X, Abb. 2 von der Brücke im Elbpark zu Hamburg und in Taf. XI, Abb. 8 von der Gröschelbrücke in Breslau[94]); Brückenwärterhäuser an den Strafsenbrücken in Mainz, Bonn, Worms (Taf. X, Abb. 3[b]) und Prag (Taf. XI, Abb. 12); befestigte Wachgebäude an der älteren Rheinbrücke in Koblenz, an den Rheinbrücken bei Breisach und bei Rheinhausen (Linie Gladbach-Duisburg); Türme mit Diensträumen an der Oberbaum-Brücke in Berlin (Bd. 1, Taf. XI, Abb. 2) und an der Brücke bei Grünenthal über den Kaiser Wilhelm-Kanal (Taf. IX, Abb. 10, Achitekt Eggert).[95]) In Taf. XI, Abb. 9 findet sich der Entwurf von Thiersch für die Mittelpfeiler der zu erneuernden Mittleren Rheinbrücke in Basel. Der Vorkopf wächst spornartig bis zur Brückenbahn empor und trägt eine Kapelle gleichwie auf der alten Brücke. Da beides nur in der Richtung stromaufwärts angebracht ist, so vereinigt sich der Gedanke der Abwehr gegen den Strom mit einem alten Wahrzeichen der Stadt. Ebenfalls reizvoll erscheint die Austattung der Schwabentor-Brücke in Freiburg (Architekt Bauer, Abb. 43). Zwei diagonal einander gegenüberstehende Türme enthalten ein Wachlokal und die Stellfallen eines bei der Brücke abzweigenden Gewerbe-

Abb. 43. *Schwabentor-Brücke in Freiburg.*



[92]) Zentralbl. d. Bauverw. und Deutsche Bauz. 1901.

[93]) Der hier verwendete halb achteckige Aufbau könnte, statt von einem rechteckig vorgeschobenen Unterbau, auch von einem halbrunden Vorkopf emporsteigen (Textabb. 26*f* auf S. 197) und oben ein entsprechendes Häuschen tragen.

[94]) Mitgeteilt von Stadtbaurat von Scholtz, Architektur von Stadtbaurat Plüddemann.

[95]) Quellen für die Hochbrücken über den Nord-Ostsee-Kanal: Deutsche Bauz. 1895, Zentralbl. d. Bauverw. 1891, 1894, 1896, Die Bauausführung des Nord-Ostsee-Kanals in Lichtdrucken von Constabel und Knackfufs.

baches; die ebenfalls diagonal gegeneinander stehenden Standbilder eines Mönches und eines Ritters sind aus geschichtlichen Beziehungen zur Stadt entnommen.[96])

Endlich sind ganze Tore in Betracht zu ziehen. Die meisten der in § 15 besprochenen Tore würden sich ohne weiteres auch für Tragbrücken eignen; aufserdem aber sind als Beispiele aus neuerer Zeit, wo man Tragbrücken mit Eingangstoren versehen hat, zu nennen: Die Eisenbahnbrücken von Levensau und Koblenz (neuere), die Strafsenbrücken zu Bonn, Worms, Düsseldorf und Miltenberg. Es möge über dieselben im einzelnen folgendes bemerkt werden:

An der Brücke bei Levensau über den Nord-Ostsee-Kanal finden sich ganz ähnliche Türme wie in Taf. IX, Abb. 10, nur dafs dieselben nicht vereinzelt geblieben, sondern durch einen schmalen Torbogen vereinigt sind. Bei der neueren Brücke in Koblenz (Taf. X, Abb. 13) sind militärische Rücksichten mafsgebend gewesen und auf geschmackvolle Art durchgebildet worden. An der Strafsenbrücke zu Bonn (Taf. X, Abb. 5) aber war es das künstlerische Bedürfnis, die Bedeutung eines Stromüberganges an dieser Stelle auszuzeichnen, sowie die langgestreckten Formen des Überbaues mittels senkrechter Bauteile zu unterbrechen und zu gruppieren. Es handelt sich um 2 Landpfeiler und 2 Strompfeiler, von welchen die ersteren an jeder Seite der Bahn eine Behausung für Brückenwärter besitzen, zum Teil über, zum Teil unter der Bahn gelegen, während die letzteren mit Toren nach Taf. X, Abb. 1 ausgestattet sind. Die Fufswege sind sowohl durch als um die Türme neben den Torbögen geleitet. Es gibt somit für die Bauteile auch „praktische Zwecke", aus welchen eine in den Abmessungen vorsichtige, gegen die Eisenkonstruktionen vortrefflich abgestimmte, in den Stilformen und Einzelheiten höchst ansprechende Architektur entwickelt ist (Architekt Möhring). Von dem Gesamteindruck soll das Schaubild auf S. 24 im 1. Bd. einen Begriff geben. Nicht auf gleicher Höhe der Würde und Harmonie dünken uns dagegen 2 eiserne Tafeln, welche in einigem Abstand von den Steinportalen den Querschnitt des Überbaues der Mittelöffnung durchsetzen und mit derben bunten Schildereien bedeckt sind.

Für die Eingänge der Strafsenbrücke bei Worms, von welcher ein allgemeines Schaubild im 1. Bd., S. 24 zu ersehen, sind die in Taf. X, Abb. 3^a u. 3^b abgebildeten Baulichkeiten bestimmt (Architekt Hofmann). Dieselben gehen allerdings weit über blofse Tore hinaus, um mit ihrem Streben in die Höhe ein Gegengewicht zu dem Überbau der Strombrücke zu bilden. Von diesem Gesichtspunkt aus dürfte jedoch die Einteilung in bewohnbare Stockwerke auffallen, zu welchen ein „Bedürfnis" sicherlich nicht vorlag, sowie zu fragen sein, ob der beträchtliche Aufwand nicht durch andersartige Höhenentwickelung hätte ermäfsigt werden können, ohne an Wirkung einzubüfsen. Jedenfalls dünkt uns das Portal am rechten Flufsufer, welches ein Stockwerk weniger besitzt, an sich gelungener als dasjenige am linken, woselbst übrigens durch ein seitwärts angefügtes Gebäude eine besonders malerische Gruppierung erreicht werden soll. Im weiteren sei nochmals auf den Entwurf in Taf. X, Abb. 7 für den Eingang zur Wormser Strafsenbrücke hingewiesen, dessen Grundrifs schon in § 15 erwähnt wurde. Durch Ausstreckung mehr in die Breite als in die Höhe möchte hier ein gutes Gleichgewicht zur Eisenkonstruktion erzielt sein. Aufser den erwähnten Brückeneingängen haben die Wettbewerbe für Bonn und Worms noch manche andere interessante Entwürfe zu solchen hervorgerufen, wegen deren auf die untenstehenden Quellen verwiesen wird.[97])

[96]) Deutsche Bauz. 1903. Photographie für Abb. 43 mitgeteilt vom Städtischen Tiefbauamt Freiburg i. B.

[97]) Berichte über die Wettbewerbe mit Abbildungen finden sich gleichzeitig in der Deutschen Bauz. und

Was ferner die neue Düsseldorfer Rheinbrücke betrifft, so überspannt sie den Strom mit 2 grofsen Öffnungen, beiderseits schliefsen sich kleinere Öffnungen an. Auf den 2 Gruppenpfeilern zwischen Strombrücke und Flutbrücken erheben sich steinerne Tore mit je einem Mittelbogen für den Fahrweg und zwei seitlichen für die Fufswege. Es ist eine ungemein massige Architektur angewendet, zudem jedes Tor nicht blofs mit einem Giebel, sondern auch noch mit einer schweren Kuppel überragt, ein Übermafs von Baukörpern, welches uns mit der knappen Eisenkonstruktion nicht in Harmonie zu stehen scheint.[98])

An der gewölbten Brücke über den Main bei Miltenberg[99]) wurde ein Portal nur auf demjenigen Ufer errichtet, wo das Städtchen liegt, und zwar mit den knappsten Abmessungen innerhalb und aufserhalb der Toröffnung. Da jedoch das Bauwerk ein über seinen ganzen Grundrifs durchgehendes steiles Dach erhalten hat, so sieht es gedrückt aus. Dafs ohne wesentlichen Mehraufwand ein besserer Eindruck zu erzielen wäre, beweisen z. B. die in § 15 geschilderten Portale von Harburg.

Der Vollständigkeit wegen sei noch der Wettbewerb um eine Brücke über den Landwehrkanal zwischen Berlin und Charlottenburg erwähnt. Bei den diesbezüglichen Entwürfen ist freilich der Gedanke eines grofsartigen Einganges für die Stadt Charlottenburg in erster Linie ausgebildet und die bescheidene Brücke nur nebensächlich behandelt, so dafs man sie beim Durchwandern der Strafse vielleicht ganz übersehen möchte.[100])

E. Geländer.

§ 29. Wandgeländer. Man braucht Geländer: an Torbrücken, sofern deren Mauerkörper nicht unter Erdböschungen liegt, sondern bis zur Brückenbahn emporsteigt, an Wandbrücken auf deren Widerlagern, sowie an etwaigen aufserhalb der Tragwände angebrachten Fufswegen, an Tragbrücken durchweg. Die Besprechung soll deshalb hier gemeinsam für alle Gattungen erfolgen. Während für die technische Einteilung von Brückengeländern vorzugsweise der Baustoff: Stein, Holz oder Eisen mafsgebend ist, wird aus künstlerischem Gesichtspunkte der statische Grundsatz in Betracht zu ziehen sein, und dem untergeordnet erst der Stoff, in welchem der Grundsatz verwirklicht ist.

Da die Geländer zur Leitung und Begrenzung des Verkehrs auf der Brückenbahn bestimmt sind, so besteht ihre Grundform in einer Wand, welche zugleich entsprechende Widerstandsfähigkeit gegen Umkanten besitzen mufs, indem überschauende Personen und anstreifende Fuhrwerke einen Halt verlangen. Die beiden Aufgaben des Raumabschlusses und des Schutzes finden nach der ganzen Länge eines Brückengeländers in gleicher Weise statt. Die einfachste Form ist daher eine glatte Wand von genügender und überall gleicher Dicke. Auf diese Art werden bekanntlich auch steinerne Brüstungen oft ausgeführt, sei es aus Quadern, sei es aus kleinerem Mauerwerk mit engen, architektonisch unsichtbaren Fugen. Aber nur an nüchternen Bauwerken (Taf. VIII, Abb. 4) bleibt es hierbei. Den nächsten Anlafs zur weiteren Ausstattung gibt die Wasserableitung von der oberen Fläche der Brüstung, zu welchem Zweck eine Deckplatte abgesondert wird. Zuweilen begnügt man sich mit deren Andeutung durch

im Zentralbl. d. Bauverw., und zwar für Bonn 1895, für Worms 1896. Darstellung der vollendeten Brücke bei Bonn in beiden Zeitschriften 1898, sowie in dem eigens darüber durch die Stadt Bonn herausgegebenen Werk.

[98]) Festschrift über die Düsseldorfer Brücke 1898. Düsseldorf und seine Bauten, 1904.

[99]) Zeitschr. f. Bauw. 1900.

[100]) Berliner Architekturwelt 1902.

Einhauen einer Nut, wenn Platte und Brüstung aus einem Block bestehen, oder mit einer Deckschicht aus widerstandsfähigerem Baustoff, jedoch ohne Vorsprung. Am vollkommensten aber wäre eine Platte mit vorspringendem Deckrand, Wassernase oder Hohlkehle (s. Taf. IX, Abb. 2).

Im weiteren kommt es zu einer Dreiteilung der Brüstung, indem aufser der Deckplatte auch eine Fufsschicht abgesondert wird. Die Veranlassung dazu liegt in dem bekannten Umstande, dafs eine Begrenzung zunächst dem Boden gegen Ausgleiten von Füfsen und Rädern besonders wichtig ist, während von dem oberen Teil eines Geländers nicht so viel Widerstandsfähigkeit verlangt zu werden braucht. Die betreffende Fufsschicht mag auch als Sockel aufgefafst werden, welcher trotz des hier nicht bedeutenden Eigengewichtes doch der übliche Bestandteil jedes wohlgegliederten stehenden Bauteiles ist (Taf. IX, Abb. 5 und Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 1). Wichtig ist das Höhenverhältnis zwischen den drei Teilen einer Brüstung. Man sieht an ausgeführten Bauwerken die Fufs- und Kopfschicht öfter zu hoch als zu niedrig, wohl in dem Bestreben nach reicher Gliederung, wobei dann die Höhe der ganzen Schicht zunimmt. Man hat auch hier das Verhältnis zur Höhe des Gesamtbauwerkes zu beachten. Niedrige Deckplatten tragen zur Leichtigkeit des ganzen Eindruckes bei, und die Fufsschicht soll nicht etwa zu einer Sitzbank werden.

Demnächst kann das Mittelfeld eines Geländers (zwischen Fufs- und Deckschicht) mit Flächenverzierungen von mannigfaltiger Art geschmückt werden. Dazu können Farbenwechsel, Reliefs, Durchbrechungen dienen, immerhin ohne den Ausdruck der selbsteigenen Sicherheit zu schwächen. Sie bestehen gewöhnlich aus betonten Punkten, Rosetten, Kränzen oder dergl., welche nach irgend einem Schema auf der Wandfläche verteilt sind. Gewöhnlich bilden sie eine Reihe aus gleichen oder abwechselnden Elementen in halber Wandhöhe, wie es in einfachster Form die Brüstung der Widerlager der Mannheimer Rheinbrücke (Taf. VII, Abb. 9b) zeigt. Ganz gut eignen sie sich auch für Backsteingeländer (Abb. 44)[101]), sei es als Durchbrechungen, sei es mittels zweierlei Farben hergestellt, weil der Verband bequem daraufhin benutzt werden kann. Mit eingesetzten Terrakotten kommen noch reichere Verzierungen dieser Art vor.

Abb. 44.

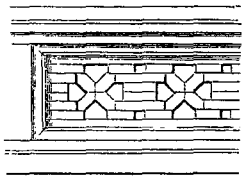
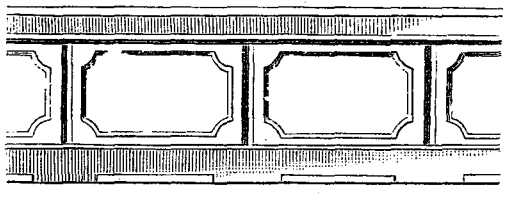


Abb. 45.



Im Quaderbau, sowie auch in Terrakotta und in Gufseisen, wird ein Wandgeländer oft aus einer Anzahl nebeneinanderstehender Tafeln zusammengesetzt, welche die ganze Höhe der Wand in einem Stück besitzen, und gemeinschaftlich die Deckschicht tragen. Es liegt nahe, dieselben alle gleich lang zu machen und gleichartig auszuschmücken, um aus ihnen eine Reihe gleicher, vielleicht auch abwechselnder Elemente zusammenzustellen. Die Form jeder Tafel ist entweder ein stehendes oder ein liegendes Rechteck, oft geradezu ein Quadrat, weil dessen Verzierung bequemer ist. Die Stofsfugen zwischen den Tafeln werden mehr oder weniger hervorgehoben, so dafs entweder die Elemente mehr selbständig dastehen, oder mehr Gewicht auf den Zusammenhang

[101]) Alle Textabbildungen von Geländern sind im Mafsstabe 1 : 50 oder 1 : 25 gezeichnet.

der ganzen Reihe gelegt ist. Im einfachsten Falle (Abb. 45) würde jede Tafel als Quader behandelt, also mit vertieften Fugen, Rand und Bossierung versehen, übrigens aber glatt belassen, wie es an Quaderbrüstungen nicht selten vorkommt. An reicheren Geländern ergeben sich sodann vom Mittelpunkt ausgehend sternförmige Verzierungen von mannigfaltiger Art. So besitzt das Geländer der Lahnbrücke der Main-Weser-Bahn (Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 6) und dasjenige der Wandrahms-Brücke in Hamburg (Taf. IX, Abb. 9) quadratisch ausgeschmückte Tafeln, letztere über den Gewölben aus Gufseisen, über Pfeilern und Widerlagern aus Haustein. Dem letzteren Bilde ähnlich lassen sich auch die Rosetten der Abb. 46 in quadratische Umrahmung bringen, sei es in Relief oder durchbrochen, wobei immerhin, gemäfs dem Grundsatz der Wand, soviel Masse in Rahmen und Muster verbleiben mufs, um jede Tafel selbständig und standfest erscheinen zu lassen. Je mehr indessen die Durchbrechungen zunehmen, und je mehr geometrische Beziehungen von einer Tafel zur anderen den Eindruck eines „laufenden“ Ornamentes erzeugen, desto mehr geht diese Gattung in diejenige von Gittern über.

Als anderweitiger Schmuck eines Wandgeländers sind Zinnen anzuführen. Sie finden sich in Taf. VII, Abb. 2, Taf. VIII, Abb. 10 und Taf. IX, Abb. 6, ferner auf mehreren der abgebildeten Portale und Türme. Unstreitig braucht man die Zinnen nicht etwa nur, entsprechend ihrem Ursprung, auf Bauten militärischer Verteidigung zu beschränken, sondern wird sie sinnbildlich anwenden dürfen, wo der Eindruck von Wehrhaftigkeit beabsichtigt ist, sei es gegen gelegentliche Feinde bei Stromübergängen, sei es gegen Wassersgefahr. Auch mag die lebhafte Bewegung des Umrisses mit der aufstrebenden Eigenart mancher Bauwerke besser zusammenpassen, als ein wagerechter Abschlufs. Bei der Formbildung sind zunächst Breite und Höhe der Zinnen im allgemeinen zu erwägen. Je zahlreicher die Einschnitte vorkommen, desto lebendiger bewegt ist der architektonische Eindruck, während sparsame Einschnitte mehr ruhigen Zusammenhang ergeben. Als Grenzen erhalten die Zinnenblöcke etwa zwischen dem einfachen und vierfachen der Einschnitte an Breite. Die Wahl dieser wagerechten Abmessungen hat natürlich dem ganzen Bauwerk und dem gewöhnlichen Standpunkt des Beobachters zu entsprechen: die Zinnen sollen weder zu schwer noch zu kleinlich aussehen. Ihre Höhe richtet sich in praktischer Beziehung nach dem Verkehr auf der inneren Seite. Indessen ist man nicht an die übliche Brüstungshöhe gebunden, wenn man die gesamte Höhe der Zinnenkrönung aufsen beträchtlicher als innen anlegt (Taf. VII, Abb. 23). Ein Teil davon liegt dann vor statt über der Bahn. Aber auch die Einschnitte sind in der Höhe zu begrenzen, sie dürfen nicht so tief sein, dafs Gefahr des Hindurchfallens entsteht. Für den architektonischen Eindruck kann man ihre Tiefe durch Abschrägung nach aufsen (Taf. VII, Abb. 21) oder durch etwelches Zurücksetzen hinter die Flucht der Blöcke (Taf. VII, Abb. 2) vermehren. Abgesehen von diesen Rücksichten auf den Verkehr ist durch die Höhenverhältnisse mehr ein hochstrebender oder ein breitgestreckter Eindruck hervorzurufen. Die Höhe der Schlitze pflegt danach zwischen dem einfachen und dreifachen ihrer Breite gewählt zu werden. Im Vergleich zur Gesamthöhe der Zinnenkrönung findet man einerseits geringe Schlitze, welche nur wenig in die Oberkante einschneiden, andererseits so bedeutende, dafs das Geländer mehr aus vereinzelten Blöcken auf dem Gesims zu bestehen scheint.[102]) Das erste Verfahren betont mehr die Zusammengehörigkeit des Ganzen, das zweite mehr die Selbständigkeit der einzelnen Zinnen. An ausgezeichneten Punkten des Baues

[102]) Ähnlich den Schutzanstalten an Strafsenkanten: behauene Wehrsteine und rauhe Felsblöcke, deren Zwischenräume behufs Wasserabflufs offen bleiben.

werden wohl höhere und breitere Zinnen gesetzt, als an den laufenden Geländern (Taf. VIII, Abb. 10).

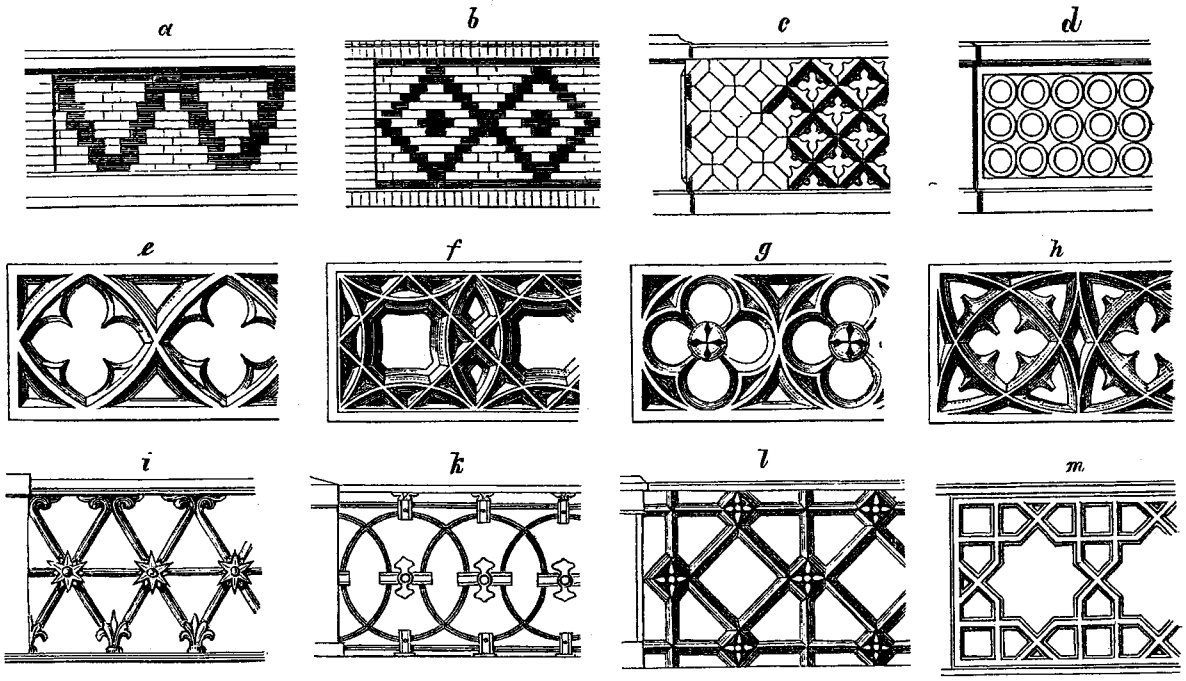
An die einfache Blockform von Zinnen schliefsen sich nun Vorrichtungen zur Wasserableitung, welche als Anlässe der Verzierung benutzt werden können. Das gebräuchlichste Verfahren ist, das Wasser sowohl von den Zinnen, als aus den Einschnitten gegen die Ansicht hinauszuleiten, wie es auch in allen angeführten Abbildungen der Fall ist, und es geschieht dies ohne Zweifel hauptsächlich aus künstlerischen Gründen, um an die ursprüngliche Bestimmung der Zinnen zu erinnern. Indessen könnte man die Höhenverhältnisse der Zinnenbrüstung dadurch etwas ändern, dafs die Abschrägung aus den Einschnitten nach hinten, von den Blöcken nach vorn eingerichtet wird, oder umgekehrt; denn an derjenigen Seite, wo man die Abschrägung sieht, geht sie für die senkrechte Fläche verloren. Auch wäre doppelseitige Abschrägung ausführbar. An die Kanten, von welchen das Wasser abläuft, gehört bei sorgfältiger Ausbildung ein Deckgesims, wie es die meisten unserer Abbildungen zeigen. Diese kurzen Gesimsstrecken zeigen an jedem Ende ihren Querschnitt glatt abgeschnitten. Es liegt nahe, die abwechselnd niedrig und hoch liegenden Gesimsstücke in Verbindung zu bringen und auch die senkrechten Kanten der Blöcke einzufassen. Somit läuft ein vorspringendes Gesims nach der gesamten Oberkante durch, allen Einschnitten folgend, eine ausdrucksvolle Einsäumung des Baues nach oben. Siehe das Portal der neueren Brücke bei Dirschau (Taf. VII, Abb. 17c) und die untere Zinnenreihe des Nassauer Portals (Taf. VII, Abb. 21). Noch reicher werden wohl die Vorderflächen der Zinnen mit sogenannten Blenden geschmückt, d. h. Vertiefungen, eingefafst durch Mafswerk, und zuweilen noch mit Schlufsbögen oder Rosetten versehen. Da solches jedoch im Brückenbau selten vorkommen dürfte, so verweisen wir wegen betreffender sonstiger Abbildungen und Einzelheiten auf untenstehende Sammelwerke.[103])

§ 30. Gittergeländer. Sowie bekanntlich mancher Gitterträger an Wandbrücken zugleich als Geländer dient, wird auch eigens zu diesem Zweck ein Gitterwerk aufgestellt, um die Deckplatte eines Geländers zu unterstützen. Hierbei mögen die Maschen je nach dem Stoff und der Eigenart des Baues tatsächlich durchbrochen, oder nur etwas vertieft, oder durch andere Färbung verdeutlicht sein. In jedem Falle müssen die Gitterstäbe kräftig genug gewählt werden, um sowohl anscheinend, als tatsächlich fest zu sein. Die in Abb. 46 vorausgesetzten Baustoffe — in der oberen Reihe Backstein, in der mittleren Haustein, in der unteren Gufseisen — bilden kein Hindernis, um ein Vorbild aus einem Stoff in den anderen unter gehöriger Stilisierung umzusetzen. Ferner ist zu bemerken, dafs hier ziemlich einfache Gittergeländer verzeichnet sind, wie sie der gewöhnlichen Eigenart von Brücken entsprechen dürften; sollte das Bedürfnis reicherer Ausstattung vorkommen, so lassen sich an diese Grundformen, deren Klarheit zu empfehlen ist, leicht weitere Zutaten anschliefsen, als: Verzierung der Gittersprossen, Auszeichnung der Knotenpunkte, Ausfüllung der Maschen mit Flächenornamenten.

Geradliniges Gitterwerk läfst sich im Backsteinverband bequem ausführen, entweder nach *a* mit 60° oder nach *b* mit 45° Neigung. Nach der ersteren ist auch das Gitter *i* angelegt, wobei die Tragfähigkeit durch die verschiedenen Enden der aufwachsenden Stäbe unten und oben gekennzeichnet ist. Ferner ist das Muster *a* nicht

[103]) Adler, Mittelalterliche Backsteinbauwerke des preufsischen Staates. Berlin 1859—63. — Viollet-le-Duc, Dictionnaire raisonné de l'architecture. Paris 1858—68.

Abb. 46.



selten so ausgebildet (in Haustein und Gufseisen), dafs die gleichseitigen Dreiecke nach der Herzform oder Kleeblattform weiter geschmückt sind. Mehrmaschige Gitter müssen eng genug sein, um, auf die Höhe einer Brüstung abgeschnitten, noch übersichtlich zu bleiben. In Backstein wird das in der Regel mittels des Netzverbandes *c* zu Stande gebracht, glatt oder verziert, und werden diese engmaschigen Gitter bekanntlich auch zahlreich in Schmiedeisen durch Vernietung, sowie in Gufseisen als durchbrochene Platten verwendet, wobei etwaige Verzierungen gemäfs den Bemerkungen in § 13 anzubringen sind. Gitterwerk in Haustein wird, nach dem Vorgange der in diesem Gebiet unerschöpflichen Gotik, oft mit gekrümmten Sprossen angelegt, und durch „Nasen“ belebt (*e*, *h*). Die Figuren nehmen dann meistens die Gesamthöhe der Brüstung ein, weil sonst die Stäbe im Verhältnis zu den Einschlüssen zu plump, oder mit Rücksicht auf Festigkeit (wenigstens im künstlerischen Sinn) zu mager ausfallen würden.

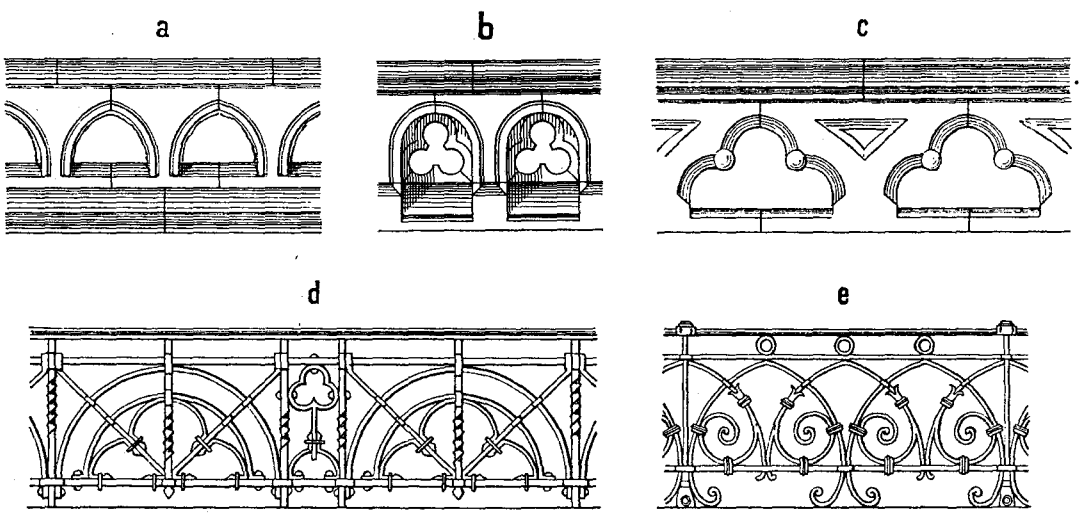
Durch weitergehende Krümmung der Sprossen gelangt man von geradlinigem Gitterwerk alsbald zu Kreisen, und in der Tat kann eine Reihe von Kreisen als Unterstützungskonstruktion verwendet werden, sowohl im grofsen Mafsstabe (vergl. Abb. 34, *c f*, S. 217) als unter der Deckplatte eines Geländers. Selbstverständlich ist aber wieder auf hinreichend kräftige Querschnitte der Ringe zu achten, damit dieselben nicht unter der ihnen bestimmten Belastung und sonstigen Inanspruchnahme als biegsame Figuren erscheinen. Hierher gehört nach *d* die Verwendung von Tonringen (Drainröhren), deren Querschnitt nach Gutdünken glatt oder verziert sein mag, ferner die Brüstung *g* in Haustein, bezw. in gebranntem Ton oder in Gufseisen, bei welcher ebenfalls die Formen mehr oder weniger ausgekehlt oder nur in den Umrissen ausgearbeitet werden können. Um ganz grofse Kreise standfest erscheinen zu lassen, werden sie ineinander verschlungen nach *h*, oder zudem noch gegenseitig abgesteift nach *k*.

Für die nicht sehr erhebliche Aufgabe, die Deckplatte eines Geländers und auf dasselbe sich stützende Personen zu tragen, ist es nun aber nicht gerade erforderlich, die ernstlichen Tragkonstruktionen von Gitterwerk strenge durchzuführen. Vielmehr können mancherlei freiere geometrische Figuren zusammengestellt werden, welche bei

hinreichender stofflicher Stärke ihrer Linien auch eine genügende künstlerische Widerstandsfähigkeit zeigen. Hierbei dient es immerhin zu erfreulicher Klarheit, wenn die Grundlinien einfach sind, an Gitterwerk, an Kreise, an Sterne oder dergleichen erinnern. Es ergibt sich somit eine „laufende“ Flächenverzierung, welche gewöhnlich die ganze Geländerwand bedeckt (*l*, *m*). Manche geeignete Muster dieser Art sind aus maurischen Wandverzierungen zu entnehmen.

§ 31. Bogengeländer. Wenn man zum Unterstützen der Deckleiste eines Geländers eine Reihe von Bögen aufstellt, so entsteht die Gattung der Bogengeländer. Sie zeigen das Bild einer Brücke im kleinen Mafsstabe und dürften deshalb besonders auf Bogenbrücken passen. Die in Abb. 47 dargestellten Hausteinmuster sind mehreren Hamburger Brücken entnommen. Sollte die schlichte Bogenform *a* zu leer erscheinen, so eignen sich dazu entweder die eingesetzten Nasen *b* oder die Kleeblattbögen *c*. Bei der Ausführung in Eisen tritt dies Bedürfnis noch öfter auf und läfst sich durch untergeordnete geometrische Figuren oder durch „verschlungene“ Bögen befriedigen. Das diesbezügliche Muster *d* ist auf der Brooks-Brücke in Hamburg (Taf. VII, Abb. 22), das Muster *e* auf dem Mühlensteg in Berlin (Taf. X, Abb. 10) ausgeführt. Während bei der Verwendung von Kreisen nach Abb. 46 die Geländerhöhe dem Durchmesser des Kreises gleich kam, kann man hier den Halbmesser des Kreises zur Geländerhöhe machen, erhält also den Vorteil gröfserer Formen zur Betrachtung aus der Ferne. Bogengeländer sind deshalb neuerdings beliebt geworden. Man sieht sie aufser an den obengenannten Brücken noch aus Stein in Taf. VIII, Abb. 6, Taf. X, Abb. 2 u. 6, aus Eisen in Taf. VII, Abb. 20[a] und Taf. XI, Abb. 3. Auch das umrankte Geländer in Abb. 35, S. 218 gehört hierher, wobei nur die Bögen etwas zu undeutlich unter dem Laubwerk erscheinen.

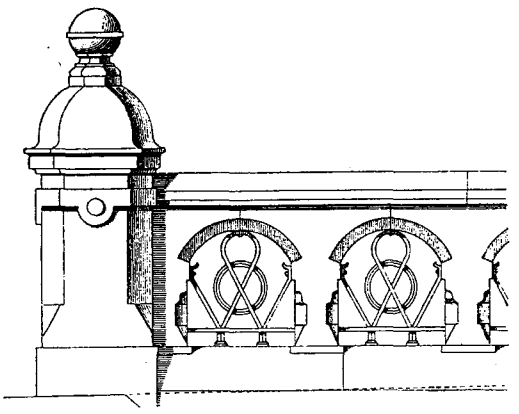
Abb. 47.



Bei den vorstehenden und bei allen folgenden Geländerformen aus Schmiedeisen ist vor einer allzu zarten Durchbildung zu warnen, weil sie leicht Beschädigungen ausgesetzt ist und von fern her doch keinen entsprechenden Eindruck macht. Vielmehr sind kräftige Querschnitte und einfache Formen angemessen, der Schmiedetechnik entsprechend, die Verbindungen weniger durch Nieten und Zapfen, als mittels Durchstecken der Stäbe und Umlegen von Ringen.

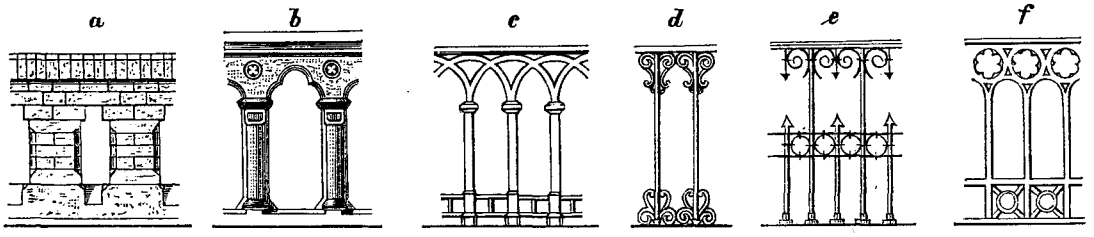
Eigenartig machen sich eiserne Füllungen innerhalb der Bögen einer Steinkonstruktion, veranlafst durch das Bedürfnis, die Öffnungen aus Gründen der Sicherheit mehr zu schliefsen. In Abb. 48 ist ein derartiges Beispiel von der Pafsbrücke in Breslau gezeigt (s. auch Abb. 27[b] auf S. 199 und Taf. XI, Abb. 8).

Abb. 48.



§ 32. Stabgeländer. Diese Gattung von Geländern beruht auf einem anderen Gedanken, als die vorhergehenden. Man errichtet eine Reihe von Stäben, deren Abstand zunächst so eng sei, dafs sie einen genügend dichten Abschlufs der Brückenbahn bilden. Einzeln würden sie nicht fest genug stehen, vereinigt man aber ihre oberen Enden durch eine Deckplatte oder Handleiste, so kann die ganze Reihe schon einen Stofs aushalten. Als weitere nützliche Zutat kommt häufig auch eine Verknüpfung der Stäbe nahe ihrem Fufsende hinzu, um Mängel in der Befestigung einzelner Stäbe unschädlich zu machen, sowie um das Gefühl der Sicherheit gegen Durchgleiten zu vermehren. Die nähere Ausbildung ergibt sich einfach daraus, dafs die Stäbe Stützkörper, demnach mit Sockel und Kopf zu versehen sind; sie tragen den Deckbarren entweder unmittelbar oder durch Vermittelung einer Bogenreihe. Die Einzelheiten ergeben sich aus nachstehendem Holzschnitt, dessen Abbildungen für verschiedene Baustoffe entworfen, aber leicht in den Formen zu vertauschen sind.

Abb. 49.



Nach Abb. 49 *a* erheben sich auf einer Hausteinbank quadratische Pfeiler aus Backsteinen mit geringen Zwischenräumen. Mittels Abkantung ist eine Art von Fufs und Kopf abgesondert. Dann kommen Überkragungen und als Deckplatte eine Rollschicht aus Formsteinen mit Wassernase. Ähnliche Grundformen finden sich in den Textabb. 15 u. 41. In Abb. 49 *b* sind die Stützkörper in der Ansicht mit Säulen verziert, und mit Bögen nach der Kleeblattform vereinigt (vergl. Taf. XI, Abb. 14 *c*). Anderwärts mögen es kleine Rundbögen oder Spitzbögen sein. Auch gehören hierher die sogenannten Geländerdocken, welche z. B. die Lombards-Brücke in Hamburg (Taf. IX, Abb. 19) und die Carola-Brücke in Dresden (Abb. 28 auf S. 200) besitzen, eine Form, welche übrigens in statischer Hinsicht nicht gerade sehr kräftig erscheint. Ferner gibt es bekanntlich viele Geländer, welche nur eine Reihe glatter Stäbe aus Holz oder Eisen besitzen, oben an der Handleiste befestigt. Man kann nichts einfacheres und einförmigeres machen, als diese Urform von Stabgeländern. Wenn man auch unter so leichter Last keinen vollständig gegliederten Stützkörper aufstellen möchte, so können doch Andeutungen über den Dienst der Stäbe gegeben werden, durch Ringe als Kapitäl, durch kragsteinartige Ausbreitung oder verbindende Bögen unter der Deckleiste. Man

ersieht solches nach verschiedenen Formen in Abb. 49 *c* bis *f*. *e* zeigt aufserdem, dafs die untere, zum Schutze wichtigere Abteilung des Geländers mittels Einsetzen niedrigerer Stäbe dichter gehalten ist, als die obere. In der halben Höhe verknüpfen zwei Bänder sämtliche Stäbe nochmals. In *c* sind dagegen die Stäbe an ihren Fufsenden vereinigt, in *d* durch Ranken ausgebreitet, in *f* erheben sie sich auf einer durchlaufenden Fufsplatte (vergl. Abb. 3 auf S. 137).

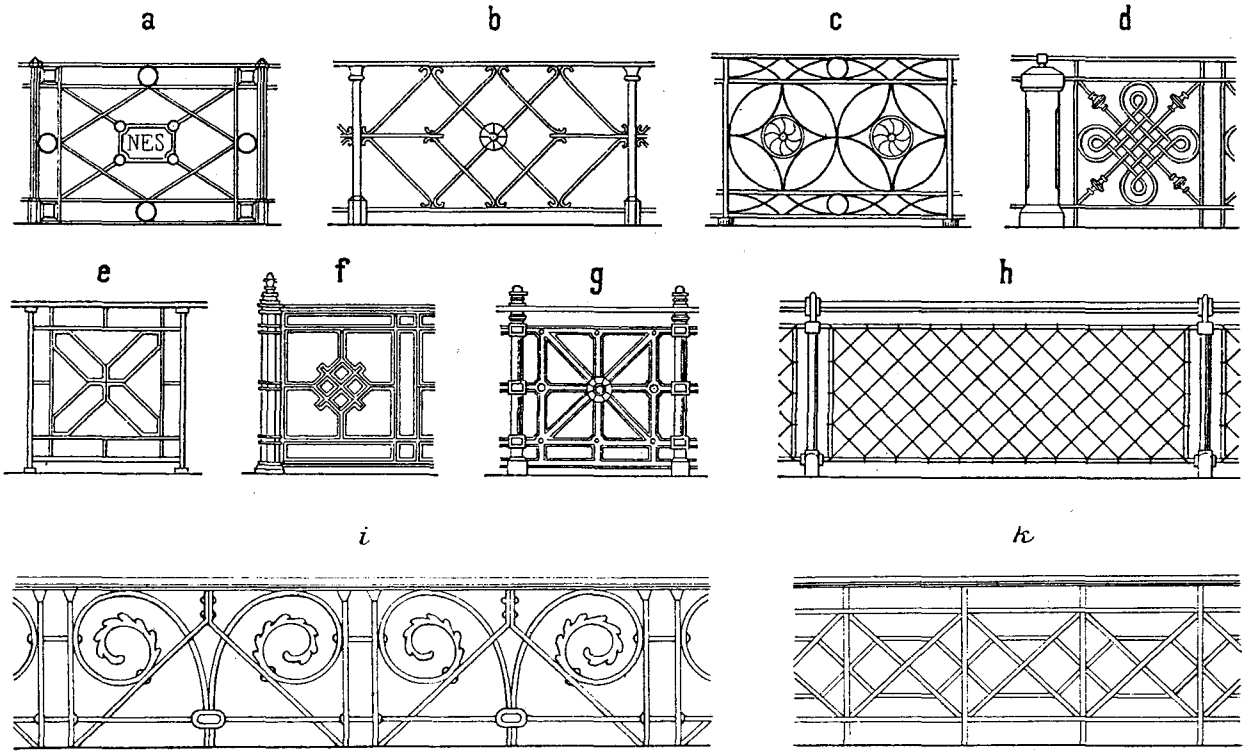
§ 33. Füllungsgeländer. Die im Eingang von § 32 erwähnte Voraussetzung, dafs die Stäbe ziemlich eng stehen, dient weniger zum Unterstützen der Deckplatte als zum Schutze gegen Durchfallen, wenigstens zum Gefühl der Sicherheit. Man kann deshalb wohl ein festes Gerüst aus Pfosten in ziemlich grofsem Abstande herstellen, und da hierdurch noch kein genügend wandartiger Abschlufs erzeugt wird, die rechteckigen Felder mittels eingesetzter Füllungen schliefsen, welche selbst vollwandig oder durchbrochen sein können. Dieselben sind statisch gleichgiltig, tragen (in künstlerischem Sinne) weder zum Schutze gegen Umkanten, noch zur Unterstützung der Deckleiste bei, sie schweben innerhalb der Vierecke des Gerippes. Ihre Aufgabe ist die gleiche, von oben nach unten oder von unten nach oben betrachtet. Daraus folgt, dafs sie im allgemeinen nach unten und oben symmetrisch sein müssen, im Gegensatz zu stützenden Mauern. Was die Figur von Füllungen betrifft, so pafst in manchen Fällen ein Quadrat, und ist dessen Verzierung, falls sie reich ausfallen soll, am bequemsten. Liegende Rechtecke entsprechen dagegen besser der wagerechten Erstreckung eines Geländers, stehende dem aufstrebenden Charakter eines Bauwerkes. Man kann nun eine Füllung in mannigfaltiger Weise ausbilden, wovon im folgenden die hauptsächlichen Unterschiede, nämlich Platten, Gitterwerk, wagerechte Stangen, senkrechte Stäbe angeführt werden sollen.

Glatte Platten, bezw. gemauerte Wände ohne besonders hervorgehobene Fugen können als Füllungen dienen, und werden von gewöhnlichen Wandgeländern, mit welchen sie im senkrechten Durchschnitt übereinstimmen, namentlich dadurch unterschieden, dafs sie mit Pfosten abwechseln, deren Abstand nicht gröfser ist, als dafs die Deckplatte sich von einem zum anderen nötigenfalls frei tragen könnte. In einfachster Form zeigt dies Abb. 26 *d* auf S. 197, etwas reicher Taf. X, Abb. 15. Durch gleichartige Umsäumung der vier Seiten mit Nuten, Ziergliedern oder dergleichen würde die Richtungslosigkeit der Füllung noch besonders verdeutlicht.

Ein anderes Vorbild für Füllungen bildet das Gitter, wobei die Muster von Abb. 46 verwendbar sind, jedoch so leicht angeordnet, oder selbst schwebend, dafs der Gedanke an eigene Tragfähigkeit nicht aufkommen kann, denn an einer selbstständigen Gitterwand würden die noch kräftigeren Pfosten etwas überflüssig aussehen (hübsches Beispiel Taf. XI, Abb. 11). Aus diesem Gesichtspunkte kommt man nun zu den zierlichsten Bildungen, zu welchen namentlich Eisen häufig verwendet wird, eingesetzt in ein Gerippe aus Eisen oder aus Stein. Die folgenden Abbildungen sind in Eisen gedacht, wären übrigens mit entsprechender Verstärkung der Abmessungen auch für Stein anwendbar, die geradlinigen desgleichen für Holz. Selbstverständlich ist behufs reicherer Ausstattung mannigfaltige Gliederung der Stäbe möglich, Ausbildung derselben zu Schnüren, Pfeilen oder Stengeln, Besetzung der Knotenpunkte mit Rosetten, Ausfüllen der leeren Felder mit kleinerem Ornament.

Um ein viereckiges Feld von beliebiger Proportion auszufüllen, werden häufig nur die Diagonalen verkörpert (Abb. 26 *c*, S. 197, und Taf. VIII, Abb. 15). Erscheint

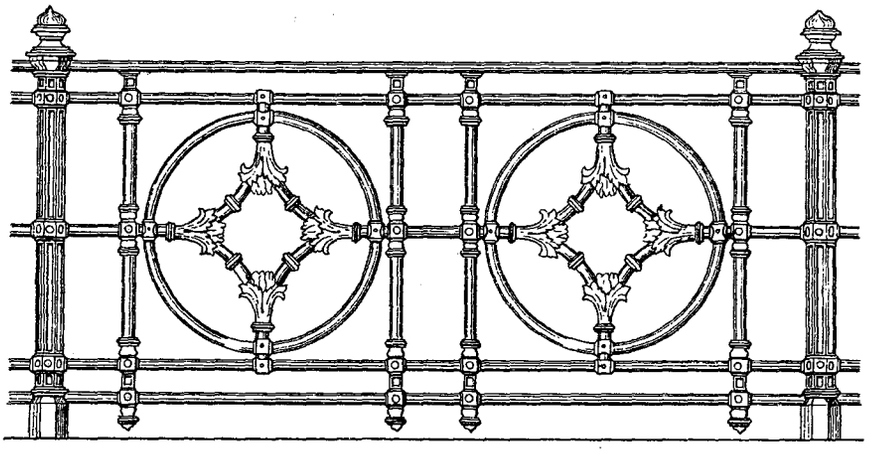
Abb. 50.



dies nicht dicht genug, so kann man gemäfs Abb. 50 das liegende Viereck *a*, oder das stehende Kreuz *g* hinzufügen, von welchen beiden Figuren *b* und *f* Abweichungen bilden, die wieder etwas durchsichtiger gehalten sind. Ferner mag man nach *d* eine Sternfigur hinzufügen, nach *e* die Stäbe verdoppeln, nach *i* Spiralen oder nach *k* verschlungene Bänder hinzufügen. Bei dem Geländer *h*, einem Muster der badischen Bauverwaltung, wird das Gitter zuweilen auf die untere Hälfte der Geländerhöhe beschränkt, wo am ersten Gefahren des Durchfallens eintreten. Für die engen Maschen genügen starke Drähte mit Ringen oder Scheibchen auf den Kreuzpunkten. Man kann die Neigung der Gitterstäbe unabhängig von den Abmessungen des zu füllenden Feldes anordnen, also hohe Maschen in liegende Rechtecke u. s. f. Im allgemeinen ist indessen Ähnlichkeit der Lage erfreulich, noch wichtiger aber Anlehnung an die Neigung sonstiger Konstruktionsteile der Brücke. Verschiedene Schrägen im Überbau und Geländer erscheinen nicht harmonisch (Taf. VIII, Abb. 10). Besonders reizvoll sind die Geländer der Rheinbrücke in Bonn (Taf. XI, Abb. 16), nach dem Dreiecksystem unter Mithilfe von Pflanzenfüllungen (Architekt Möhring), auch entsteht hier durch den Gegensatz zwischen dichten und leeren Flächen eine gefällige Wirkung in die Ferne aufser dem Interesse an den Pflanzen selbst. Dagegen ist vor allzu kleiner Zerteilung der Felder zu warnen, welche von ferne wohl gar zu einer Verwirrung führen kann, z. B. Taf. XI, Abb. 2.

Nimmt man Kreise statt geradlinigen Gitterwerkes, so dürfen dieselben, wenn sie die ganze Geländerhöhe einnehmen, in Eisen selten leer bleiben, weil der Zweck der Füllung noch nicht genügend erreicht ist; es wird demnach nötig, auf angemessene Dichtung zu denken, wobei jedoch immer die Symmetrie nach oben und unten zu wahren ist. Ein derartiges Muster findet sich in Abb. 50 *c*, und reicher verziert in Abb. 51 von der Mannheimer Rheinbrücke.

Abb. 51.



Nach einem anderen Verfahren werden die Felder eines Stabgeländers mit einigen wagerechten Stangen gedichtet (Abb. 26 *e*, S. 197). Dies kann nun in mancherlei Art künstlerisch belebt werden. Man gebe den Pfosten geeigneten Fufs, sondere die Punkte, durch welche Stangen gesteckt werden, als Knoten vom Schaft ab, bilde den obersten Knoten als endigende Spitze des Stabes u. s. w. Bekanntlich wird diese Konstruktion auch in Holz vom rohen Naturquerschnitt bis zum glatten, zierlich entkanteten Querschnitt ausgeführt. Vollgemauerte Backsteinwände mit mehreren wagerechten Farbenstreifen würden ebenfalls an die von Pfosten zu Pfosten reichenden Stangen erinnern.

Besetzt man ferner die Zwischenräume des ursprünglichen Gerippes mit einer Anzahl senkrechter Stäbe, so entsteht daraus noch nicht notwendig ein enges Stabgeländer, denn die Zwischenstäbe können so schwach gegenüber den Hauptpfosten gewählt werden, dafs sie ersichtlich nichts zur Unterstützung der Deckleiste beitragen. Sie sind vielmehr zwischen oben und unten wie nachträglich eingespannt, oder mögen sogar den Boden gar nicht berühren, falls zu ihrer Befestigung eine besondere schwebende Fufsleiste zwischen je zwei Pfosten eingesetzt ist. Wichtig ist ferner, dafs bei reicherer Ausstattung Füllungsstäbe nach oben und unten symmetrisch, selbständig stehende Stäbe dagegen als Stützkörper ausgebildet werden. An ausgeführten Geländern ist freilich der konstruktive Gedanke häufig verwischt — nicht zum Vorteil des Eindruckes.

Im Steinbau würde schon eine Anzahl senkrechter Schlitze in der ausgemauerten Füllung letztere in Stäbe zerlegen (Taf. IX, Abb. 14). Den obigen Bemerkungen entspricht hier, dafs die Deckplatte von einem Pfosten zum anderen sich füglich frei zu tragen imstande wäre, dafs die Schlitze ringsum abgekantet, durchaus symmetrisch zwischen oben und unten durchbrochen sind, dafs endlich die Fufsschwelle nicht vollständig aufsitzt, sondern teilweise schwebt (allerdings zunächst aus dem technischen Grunde des Wasserabflusses). Man vergleiche ferner das Verhältnis von Masse zu Durchbrechungen an dieser Brücke und der Talbrücke von Schildesche (Taf. IX, Abb. 4), um den Unterschied zwischen Füllungsstäben und Tragkörpern zu erkennen. Anderwärts hat man solche Schlitze oben und unten mit kleinen Halbkreisen begrenzt und andere Verzierungen hinzugefügt (Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 4 u. 8), ferner nach folgender Abb. 52 „Docken“ verwendet, welche aber zum Unterschied von den oben schon angeführten Docken symmetrisch nach oben und unten gestaltet sind. Dieselben können sich von der Mitte aus nach oben und unten verstärken (*y*) oder verjüngen (*z*), sei es als Umdrehungskörper (*z*), sei es mit rechteckigem wagerechtem Schnitt (*y*).

In Holzkonstruktion bestehen bei reicherer Ausstattung die Füllungsstäbe gewöhnlich aus ausgeschnittenen Brettern, und damit entstehen die ungemein zierlichen Geländer, welche an den Bauwerken mancher Gebirgsgegenden und Eisenbahnlinien zahlreich angewendet wurden (Abb. 53). Bei stilgerechter Zeichnung müssen auch hier die ausgeschnittenen Verzierungen zwischen Fufsleiste und Deckleiste symmetrisch sein, und falls die Fufsleiste nicht auf dem Boden sitzt, so mögen die Enden der Bretter unterhalb derselben noch ein hängendes Ornament erhalten, welches vollends jede Vorstellung vom Stehen und Stützen entfernt.

Abb. 52.

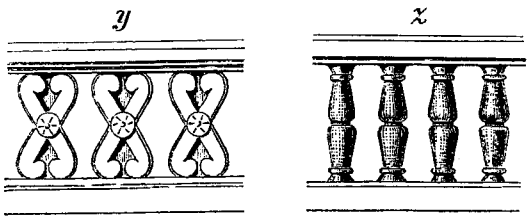
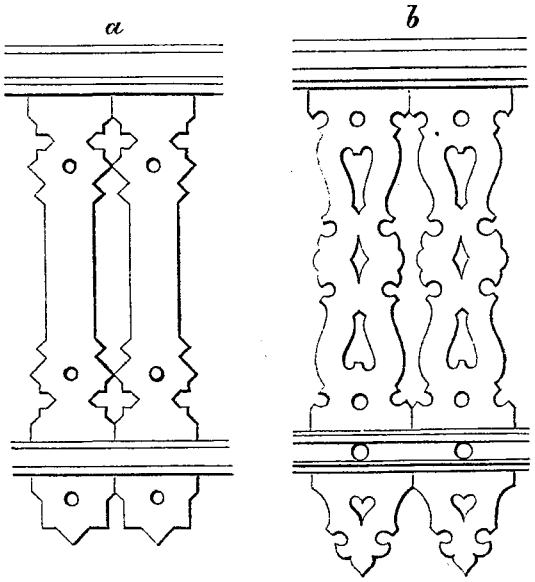
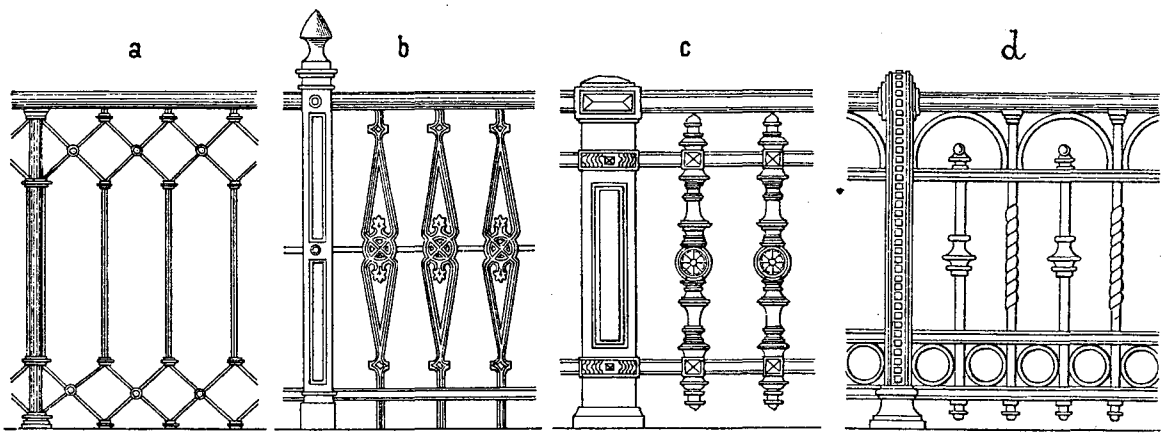


Abb. 53.



Bezüglich der Ausführung von Stabfüllungen in Eisen mag auf Taf. VIII, Abb. 1 und Taf. X, Abb. 12, sowie auf mehrere Beispiele der Taf. VIII im 1. Band hingewiesen werden, wegen der Einzelheiten auf Abb. 54. Die Füllung kann entweder nach *c* und *d* tatsächlich schweben, oder nach *a* und *b* mit aufstehen, mufs aber im letzteren Fall durch Zierlichkeit und symmetrische Form den Begriff des Stützens ablegen. Zur wagerechten Verbindung dient in *a* die Handleiste, sowie eine Verknüpfung der Stäbe oben und unten.

Abb. 54.

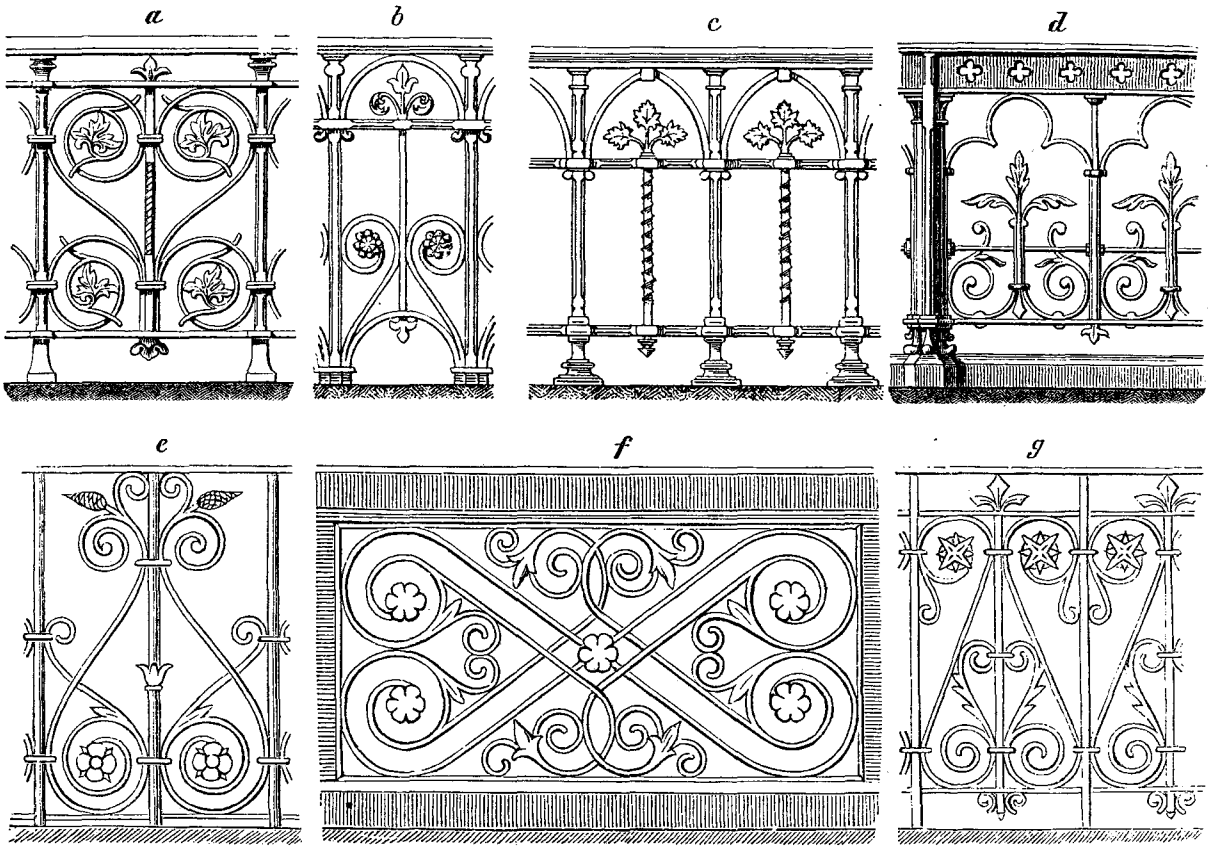


In *b* kommt eine Stange am Fufs hinzu und gegenseitige Vereinigung der (gufseisernen) Stäbe in halber Höhe, in *c* ersieht man drei wagerechte Stangen, indem die Handleiste abgesondert ist, zwischen den beiden anderen Stangen aber senkrechte Füllungsstäbe eingeschaltet. Endlich ist in *d* eine besonders kräftige wagerechte Verknüpfung mittels 4 Stangen beabsichtigt, sowohl oben als unten (Einzelheiten von der Berliner Stadtbahn).

Die reichsten Geländerfüllungen zwischen Stäben gehen über das Gebiet der streng geometrischen Figuren hinaus und benutzen neben denselben Formen der Pflanzenwelt und andere Sinnbilder. Bei dem Versuch, dünne schmiedeiserne Stäbe spiralförmig

zu biegen, ergeben sich Rankenverschlingungen fast von selbst und brauchen blofs in gehörige architektonische Ordnung gebracht zu werden, um gefällige Erzeugnisse im „pflanzlichen Eisenstil“ zu gewinnen. Bekanntlich erfreut sich derartiger Schmuck gegenwärtig besonderer Beliebtheit. Bei der Anwendung zu Brückengeländern braucht der oben erörterte Grundsatz der Symmetrie nicht mehr streng durchgeführt zu werden, weil es sich hier gleichsam nur um Schlinggewächse handelt, welche in einem festen Gerippe aufwärts wachsen. Aus dem gleichen Grunde wählt man gern rechteckige Felder (stehend oder liegend), und nicht quadratische Felder, in welchen die Verzierung als zentrale Figur leicht etwas steif ausfällt. Ferner ist auf ziemlich gleichförmige

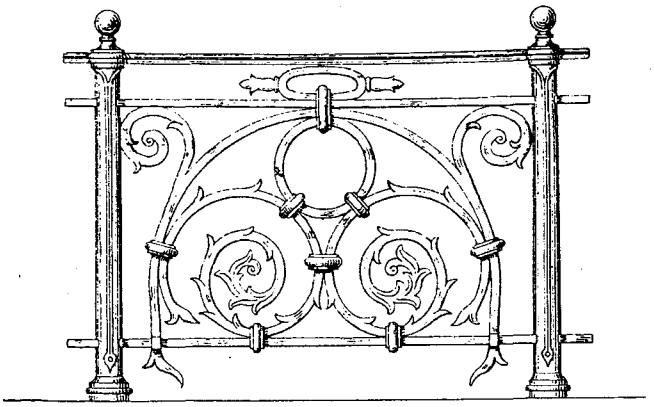
Abb. 55.



Dichtigkeit der ganzen Fläche zu sehen, wobei immerhin einzelne Punkte und Formen besonders hervorgehoben werden können, sowie auf Klarheit in den Hauptzügen und Einfachheit im einzelnen, weil die Betrachtung von aufsen gewöhnlich aus grofser Entfernung erfolgt. In Abb. 55 sind einige Beispiele gegeben, aus welchen sich anderweitige Zusammenstellungen für verschiedenartige Grundformen des zu füllenden Gerippes unschwer bilden lassen. In *a* und *b* wachsen einige Ranken aus den senkrechten Geländerstäben selbst empor, in *c* und *d* sind senkrechte Stengel zwischen den Stäben verwendet, in *e* und *g* die Felder mit gebogenen Ranken ausgefüllt, in *f* mehrere dergleichen gegenseitig verschlungen. Die Muster *a*, *c*, *d* sind von neueren Brücken in Hamburg entnommen, *g* von Bahnsteigen der badischen Eisenbahn. Während bei allen diesen Anordnungen die Stengel geradlinig oder wenig gebogen sind und nur an ihren Enden in eigentlich pflanzliche Gebilde auswachsen, besteht ein anderer Gedanke darin, Ranken kreisförmig zu krümmen, von welchen mancherlei seitliche Zweige ausgehen. Dem entspricht das Geländer in Abb. 56 von der Schlesischen Brücke in Berlin, dessen

Rechteckfelder durch Weidenringe gefüllt sind. Auch das Motiv in Abb. 59 gehört hierher und liefse sich leicht auf vollständig pflanzliche Art ausbilden. Noch reichere Ausschmückungen mit Pflanzenteilen finden sich in Taf. VIII, Abb. 9 u. 17, Taf. IX, Abb. 21. Endlich kommt man auf die Anwendung von Wappen, Figuren und Gruppen, namentlich in Gufseisen, Haustein oder Terrakotta.

Abb. 56.



§ 34. Geländerabschnitte. Alle bisher betrachteten Geländerkonstruktionen können auf beliebige Länge fortgesetzt werden. Man wünscht aber häufig, sie in Abschnitte zu teilen, welche unter Umständen mit gewissen Abschnitten des durch sie gekrönten Bauwerks übereinstimmen (vergl. § 3 Schlufs). Ein gefälliges Mittel hierzu bilden Geländerpfeiler, welche aber nicht mit den Pfosten in Stabgeländern zu verwechseln sind. So bilden in Taf. IX, Abb. 14 die achteckigen Blöcke über den Brückenpfeilern Hauptabschnitte des Geländers, sind aber für dessen konstruktiven Bestand nicht notwendig. Dagegen sind die viereckigen Pfosten, je vier über jeder Brückenöffnung, unentbehrlich, um die Deckplatte zu tragen. Ganz sinngemäfs stehen dergleichen auch zu beiden Seiten des achteckigen Blockes. Es wäre unschön gewesen, den letzteren gleichzeitig in die laufende Geländerkonstruktion zu verwenden.

Zur architektonischen Sonderung zwischen dem laufenden Geländer und seinen Teilungskörpern kann verschiedener Baustoff (Steinpfeiler zwischen Eisengeländer), verschiedene Farbe, namentlich aber verschiedene Höhe beitragen. Ein wenig Überschufs unterbricht die stetige Oberkante des Geländers schon von ferne (Taf. IX, Abb. 4 u. 9). Daneben mufs die Formbildung beider Teile doch auch wieder zusammen stimmen, wozu insbesondere einige durchlaufende wagerechte Linien beitragen. In der stets wiederkehrenden Aufgabe, zwei benachbarte Bauteile klar zu sondern, ohne ihre Zusammengehörigkeit zu unterdrücken, liegt auch hier das Wesen der Kunst.

Im Grundrifs werden die fraglichen Geländerpfeiler gewöhnlich viereckig oder achteckig gemacht. Jenes lenkt die Aufmerksamkeit mehr auf die vorstehende Fläche (da man die Dicke nicht sehen kann), somit auf die Stetigkeit des Geländers, dieses auf die Mittellinie und Selbständigkeit des Pfeilers. Aufserdem ist der Platz zur Aufstellung zu beachten. Nahe liegt es, über dem Schlufsstein eines Brückengewölbes einen Geländerabschnitt zu betonen, namentlich wenn der Schlufsstein selbst ausgezeichnet wird (Abb. 22 u. 33 und Taf. IX, Abb. 9). Auch wo ein Pfeileraufsatz emporsteigt, wird derselbe gern einem Geländerabschnitt entsprechen. Man findet demnach an ausgeführten Brücken diese Bauteile mit einem wagerechten Schnitt als Rechteck in Taf. VIII, Abb. 11, Taf. IX, Abb. 19 u. Taf. X, Abb. 15, als abgekantetes Quadrat in Taf. IX, Abb. 9 u. 18, als Achteck in Taf. IX, Abb. 14 u. 15. Wo der Pfeileraufsatz ziemlich breit ist, trägt er auch wohl zwei Geländerpfeiler mit einer besonders ausgezeichneten Geländerstrecke zwischen denselben (Taf. VIII, Abb. 16 u. 18 und Taf. IX, Abb. 21). Zuweilen bedarf ein viereckiger Pfeiler wenig Platz aufserhalb der Geländerflucht, und läfst sich derselbe wohl auf dem Hauptgesims noch gewinnen. Von einem achteckigen Pfeiler müssen aber mindestens drei Seiten vorspringen. Dazu wurde z. B.

in Taf. IX, Abb. 14 das Hauptgesims immer noch breit genug angelegt, bezw. die Brüstung weit genug zurückgesetzt, so auch in der Regel für gufseiserne Geländerpfeiler, deren Durchmesser nicht erheblich zu sein pflegt. Wenn eine so weite Ausladung aber nicht passend erscheint, mufs ein besonderer Vorsprung im Hauptgesims geschaffen werden, zu welchem Zweck ein oder einige Kragsteine untergesetzt oder die schon vorhandene Kragsteinreihe durch ein kräftigeres Exemplar unterbrochen wird, z. B. Taf. VIII, Abb. 18 und Bd. 1, Taf. XIII, Abb. 2. Unter achteckigen Geländerpfeilern würde sich am besten ein trichterförmiger Kragstein eignen (Abb. 57).

Abb. 57.

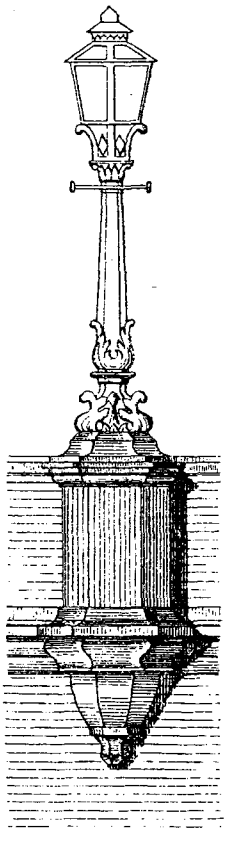


Abb. 58. *Von der Wassertor-Brücke in Berlin.*[104])

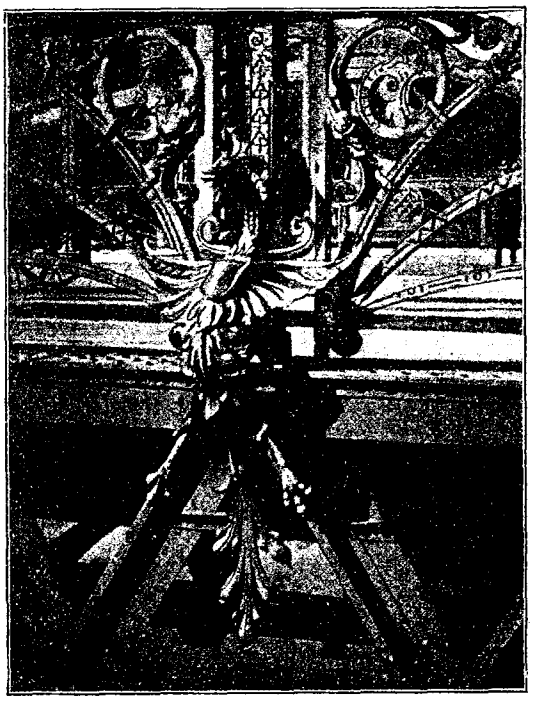
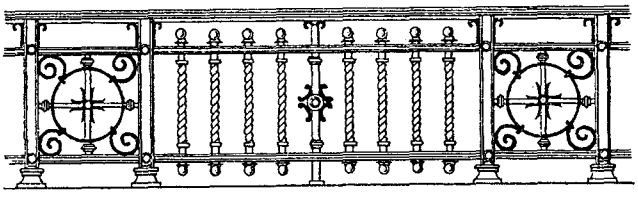


Abb. 59.



Nach der Höhe erhält ein Geländerpfeiler die bekannte Dreigliederung, im einzelnen vielleicht mit etwas reicherer Behandlung als das betreffende Geländer. Dementsprechend ist aber auch oft eine Belastung angemessen, um die ganze Vorrichtung zu rechtfertigen. Zu diesem Zwecke verwendet man Pfeilerkappen, Knöpfe, Kugeln (Taf. IX, Abb. 14, Taf. XI, Abb. 11, Textabb. 22, 51, 54). Ferner dürften sich Laternen eignen, sofern dieselben nicht schon auf den Teilpunkten einer Brücke, ihren Eingängen, Pfeilern und Bogenscheiteln (S. 227) für die Beleuchtung genügen. Man findet deshalb über grofsen Spannweiten ganze Reihen von Laternen, sei es an den Fufswegkanten, sei es auf den Geländern bezw. Geländerpfeilern. So besitzt die Carola-

[104]) Faks.-Repr. aus: Die Strafsenbrücken Berlins, Bd. I, S. 104, Abb. 103. Berlin 1902, J. Springer.

Brücke in Dresden über jeder Öffnung von ungefähr 50 m Spannweite 4 Laternen auf Geländerpfosten, dagegen über den Brückenpfeilern keine Laterne, weil sie hier im Gesamteindruck zu unbedeutend gewesen wäre (s. auch die Laternenreihe in Abb. 11 auf S. 172).

An eisernen Geländerpfosten bedarf es manchmal äufserer Streben, um das Geländer standfest zu halten. Dieselben können nebst ihren Befestigungspunkten verziert werden und so zur Bereicherung des ganzen Bauwerks beitragen. Als Beispiele dienen Taf. XI, Abb. 2 und Textabb. 11 und 30. Besonders hübsch machen sich hierbei Tiergestalten, welche ja auch bei ähnlichen Aufgaben im Hochbau gern Verwendung finden, so die vor jedem Pfosten ausgespannten Drachen an der Wassertor-Brücke in Berlin (Abb. 58). Ferner sei der Greif der St. Annen-Brücke (Taf. XI, Abb. 3) hier nochmals genannt, welcher sowohl den Mittelpfeiler bekrönt, als den Pfosten verstrebt.

Anderweitige Geländerabschnitte entstehen durch Unterbrechung der laufenden Konstruktion mit abweichend behandelten kurzen Strecken, welche sich in gewissen Abständen wiederholen. In Eisen eignen sich dazu Felder mit dichterer Füllung, z. B. Bd. 1, Taf. VIII, Abb. 16 u. 24, Einzelheiten in Abb. 59. Ferner sei auf die mit Wappen geschmückten Felder an der Schwabentor-Brücke in Freiburg (Abb. 43 auf S. 231) hingewiesen. Hierdurch läfst sich ein sonst vielleicht etwas langweiliges Stabgeländer erfreulich beleben. Nahe liegt es dann auch, solche Unterbrechungen über die gewöhnliche Geländerhöhe emporragen zu lassen, wie für Stein in Taf. X, Abb. 6, für Eisen in Taf. XI, Abb. 17 zu ersehen ist.

Sachregister.

Auf das dritte Kapitel „Kunstformen des Brückenbaues“ ist in dem Sachregister durch den Zusatz „*Kunstf.*“ verwiesen.

(Die Ziffern bedeuten die Seiten.)

Angreifende Kräfte bei hölzernen Brücken. 6.
Anstrich der Bauwerke. *Kunstf.* 148.
Archivolt. *Kunstf.* 153.
Argenteuil, Seilbrücke bei —. 119.
Ausbildung der Baukonstruktion. *Kunstf.* 138.
— des Bauzweckes. *Kunstf.* 132.
Ausschmückung der Bauwerke. *Kunstf.* 141.

Bachüberführungen. 116.
Balken verdübelt. 17.
— verzahnt. 17.
Barberey, Kanalbrücke von. 122.
Barton, drehbare Kanalbrücke bei —. 127.
Bauholz, Dauer des — bei Holzbrücken. 9.
— spezifisches Gewicht der verschiedenen Bauhölzer. 10.
Baustoff, Einfluſs auf die Kunstform. *Kunstf.* 143.
Bauzweck, Ausbildung des —. *Kunstf.* 132.
Bedachungen f. hölzerne Brücken. 12, 29.
Bedingungen, technische. 87.
Belastungen für Holzbrücken. 6.
Belastungsproben. 93.
Berlin, Wassertorbrücke. *Kunstf.* 246.
—, Elektrische Hochbahn in —. *Kunstf.* 203.
Bildwerke. *Kunstf.* 230.
Bockbrücken. 85.
Bogenbrücken, hölzerne. 76.
Bogengeländer. *Kunstf.* 238.
Bogenzwickel. *Kunstf.* 215.
Braunschweig, Ferdinand-Brücke in —. 139.
Brindley, J. 126.
Briare, Kanalbrücke bei —. 120, 123, 125, 126.
Brücken, hölzerne. 1.
— — allgemeine Anordnung. 3.
— — angreifende Kräfte. 6.
— — Ausführung der —. 87.
— — — der Brückenbahn. 90.
— — — der Dammköpfe. 91.
— — — der Fundamente und Stützen. 88.
— — — des Überbaues. 89.
— — die einstweiligen. 5.
— — die endgiltigen. 5.
— — Balkenbrücken, einfache. 16.
— — — — statische Berechnung. 20.
— — — — mit verdübelten Balken. 17.
— — — — mit verzahnten Balken. 17.
— — Balkenbrücken, verstärkte. 23.
— — — — statische Berechnung. 25.
— — — — mit armierten Balken. 27.
— — — — mit gespreizten Balken. 28.
— — — Spannweiten. 19.
— — Beobachtung. 93.
— — Bogenbrücken. 76.
— — Bockbrücken. 85.
— — — einstweilige. 78.
— — Fachwerkbrücken. 36.
— — — statische Berechnung. 47.
Brücken, hölzerne, Fachwerkbrücken, die verschiedenen Systeme. 42.
— — Fachwerkpfeiler. 57.
— — — statische Berechnung. 58.
— — Long'sche Fachwerkbrücken. 36.
— — Geländer. 15.
— — — *Kunstf.* 233 bis 247.
— — — Gerüstbrücken, amerik. 78, 81.
— — Joche der —. 53.
— — — statische Berechnung. 55.
— — Hängewerkbrücken. 29.
— — Hängesprengwerkbrücken. 34.
— — — statische Berechnung. 31.
— — Kosten. 96.
— — Literatur. 99.
— — Material und Materialwiderstände 7.
— — Prüfung. 93.
— — Sprengwerkbrücken. 61.
— — — Pfeiler der —. 73.
— — — statische Berechnung. 64, 68.
— — die verschiedenen Systeme. 1.
— — Unterhaltung. 95.
— — Verkehrsbahn. 11.
Brücken, Kanalbrücken, siehe unter Kanalbrücken.
— Portale. *Kunstf.* 170.
— steinerne, Widerlager, Formen der —. *Kunstf.* 162.
— mit mehreren Stockwerken. *Kunstf.* 223.
Brückenbahn der Holzbrücken. 11.
— *Kunstf.* 151, 219.
Brückeneingänge. *Kunstf.* 225.

Brückengattungen. *Kunstf.* 150.
Brüstungen bei Holzbrücken. 12.

Chaumont-Talbrücke *Kunstf.* 225.

Deckgesims. *Kunstf.* 156, 167.
Dichtung bei Kanalbrücken:
— bei Eisenkonstruktion. 122.
— bei Steinkonstruktion. 109.
Dortmund-Ems-Kanal. 109, 113.
Durchbrechungen b. Mittelpfeilern. *Kunstf.* 189.
Düsseldorf, Rheinbrücke bei —. *Kunstf.* 233.

Eigengewicht der Holzbrücken. 6.
Einfluſs des Baustoffes. *Kunstf.* 143.
Eisenlohr. *Kunstf.* 183.
Elbbrücke bei Meiſsen. *Kunstf.* 160.
Entkantungen der Mittelpfeiler von Steinbrücken. *Kunstf.* 190.
Eurythmie. *Kunstf.* 139.

Farbenwechsel. *Kunstf.* 145.
Färbung der Bauten. *Kunstf.* 148.
Fontinettes, Kanalbrücke bei —. 120.
Franz Joseph-Hochquellenwasserleitung (Wien). 110.
Freiburg, Friedrichsbrücke in —. *Kunstf.* 228.
— Schwabentorbrücke. *Kunstf.* 231.
Fugenbehandlung. *Kunstf.* 144.
Füllungsgeländer. *Kunstf.* 240.

Geländer. *Kunstf.* 233.
—abschnitte. *Kunstf.* 245.
Genzmer, Prof. *Kunstf.* 185.
Gerüstbrücken. 78.
— amerikanische. 81.
Gesims, Haupt-. *Kunstf.* 219.
Gittergeländer. *Kunstf.* 236.
Göltzschtal-Viadukt. *Kunstf.* 136.
Gruppenpfeiler. *Kunstf.* 134.
Gutachbrücke. 133.

Hagen, Wasserbaukunst. 108, 121.
Hängebrücken. *Kunstf.* 167.
Hängewerksbrücken, hölzerne. 29.
Halbparabelträger. *Kunstf.* 165.
Hauptgesims. *Kunstf.* 219.
Holz für Brücken. 7.
Holzbrücken, s. Brücken, hölzerne.
Holzpflaster. 15.
Howe'sche Fachwerkbrücken. 36, 41.

Jacobsthal. *Kunstf.* 171.
Ibjanski, System. 42.
Inanspruchnahme, zulässige, für Holz. 10.
Joche für Holzbrücken. 53.

Kanalbrücken:
— Betoneisenkonstruktionen. 129.
— Eisenkonstruktionen. 118.
— — Dichtung bei —. 122.
— — Anschluſs an das Mauerwerk. 123.
— Holzkonstruktion. 116.
— Leerlauf. 115, 126.
— Steinkonstruktion. 106.
— Wasserdichtheit und Beweglichkeit. 123.
Kernform. *Kunstf.* 140.
Klötzelträger. 17.
Konstruktion, Ausbildung der —. *Kunstf.* 138.
Kornhaus-Brücke in Hamburg. *Kunstf.* 173.
Kosten der Holzbrücken. 96.
— der Kanalbrücken. 115, 126.
— der Unterhaltung der Holzbrücken. 99.
— Vergleich hölzerner und steinerner Eisenbahnbrücken. 98.
Kriegsbrücken, hölzerne. 78.
Kunstbauten. *Kunstf.* 131.
Kunstformen. *Kunstf.* 131.
— bei Torbrücken. 152.

Laternen. *Kunstf.* 227.
Lauvière, Druckleitung von —. 123.
Leibungsflächen d. Brückengewölbe. *Kunstf.* 214.
Leinpfade bei Kanalbrücken:
— bei Eisenkonstruktion. 122.
— bei Steinkonstruktion. 115.
Leobersdorf, Wasserleitungsbrücke bei —. 104.
Lichtträger. *Kunstf.* 230.
Lisenen an Mittelpfeilern d. Tragbrücken. *Kunstf.* 190.
— der Torbrücken. 156.
Literatur, Holzbrücken. 99.
— Wasserleitungs- und Kanalbrücken. 106, 116, 128.
Long'sche Fachwerkbrücken. 36.

Magdeburg, Königsbrücke in —. *Kunstf.* 178.
Mainz, Kaiserbrücke bei —. *Kunstf.* 179, 180.
Material für Holzbrücken. 7.
Materialprüfung für Holzbrücken. 9.
Mauerverband. *Kunstf.* 144.
Minnesund, Eisenbahnbrücke über den — in Norwegen. *Kunstf.* 190.
Mittellinie als Symmetrieachse. *Kunstf.* 212.
Mittelpfeiler der Tragbrücken. *Kunstf.* 185, 189.
— der Wandbrücken. *Kunstf.* 159.
—, Grundriſs steinerner. *Kunstf.* 189.
Möhring. *Kunstf.* 171.
Mühlensteg in Berlin. *Kunstf.* 104.

Nivernais, Kanal von —. 104.

Obelisken. *Kunstf.* 229.
Öffnungen, Anzahl der —. *Kunstf.* 135.
Orb, Kanalbrücke über den —. 115.

Pafsbrücke in Berlin. *Kunstf.* 171.
Peifsnitzbrücke in Halle. *Kunstf.* 185.
Perronet. *Kunstf.* 187.
Pfeileraufsätze. *Kunstf.* 196.
— eiserne. *Kunstf.* 201.
— Gruppenpfeiler. 209.
— hölzerne Fachwerkpfeiler. 57.
— Holzjoche. 53.
— hölzerner Sprengwerkbrücken. 73.
Pfosten, eiserne. *Kunstf.* 201.
Pilonen v. Hängebrücken. *Kunstf.* 181.
Pintowski. 42.
Pontonbrücken. 86.
Portale. *Kunstf.* 170.
— Grundrisse. *Kunstf.* 175.
Prag, Kaiser Franzens-Brücke b. —. *Kunstf.* 187.

Quaderstreifen, verzahnte. *Kunstf.* 192.
Querträger f. Holzbrücken, Mafse der —. 13.

Rahmen, Gestaltung d. —. *Kunstf.* 158.
Rheinbrücke bei Bonn. *Kunstf.* 136, 137.

Rheinbrücke bei Mainz. 179, 180.
— bei Mannheim. *Kunstf.* 162, 177.
Rheinbrücken. *Kunstf.* 135, 136.
Rock-Creek, Brücke über den —. 118.
Rychter, System. 43.

Saaralb, Kanalbrücke bei —. 120, 123.
Saar, alte Kanalbrücke über d. —. 112.
Sattelhölzer, Balkenbrücken mit —. 23.
Schlufssteine. *Kunstf.* 212, 213.
Sing-Sing-Kill, Brücke von —. 113.
Sockel. *Kunstf.* 157.
Spannweite. *Kunstf.* 135.
Sprengwerkbrücken, s. Brücken, hölzerne.
Stabgeländer. 239.
Statische Berechnung, s. den betreffenden Gegenstand.
Steinflächen, Behandlung der —. *Kunstf.* 146.
Stier. *Kunstf.* 179.
Stilisierung. *Kunstf.* 142.
Stirnmauern bei Kanalbrücken. 107.
Stockwerke, Brücke m. mehreren —. *Kunstf.* 223.
St. Rambert-Grenoble, Wasserleitungsbrücke ü. d. Bahn. 118.
Strebepfeiler. *Kunstf.* 155.

Torbrücken *Kunstf.* 152.
Tragbögen. *Kunstf.* 211.
Tragbrücken. *Kunstf.* 151, 185.
Traggeländer aus Holz. 82.
Tragwände. *Kunstf.* 164.
Trestle works. 81.
Türme für Portale. *Kunstf.* 174.

Überbau. *Kunstf.* 151, 167.
— Ausführung bei Holzbrücken. 89.
Übergang zwischen den einzelnen Teilen d. Bauwerke. *Kunstf.* 138.
Unterhaltung hölzerner Brücken. 95.

Vanne-Leitung, Brücke d. —. 119.
Verdon-Kanal. 104.
Verhältnis zwischen Technik und Kunst. *Kunstf.* 131.
— der einzelnen Brückenteile zu einander. *Kunstf.* 134.
Verkehrsbahn d. hölzernen Brücken. 11.
Vollendungsarbeit an hölzernen Brücken. 92.
Vorkopf bei Tragbrücken. *Kunstf.* 193.
— bei Wandbrücken. *Kunstf.* 160.

Wandbrücken. *Kunstf.* 159.
Wandgeländer. *Kunstf.* 233.
Wagerechte Tragwände, Brücken mit —. *Kunstf.* 200, 208.
Wasserdichtheit bei Kanalbrücken. 123.
Wasserleitungs- u. Kanalbrücken. 102.
— — Literatur. 106, 116, 118, 128.
— — Gefällverhältnisse. 103.
— Apulische Wasserleitung. 104.
— bei Argenteuil. 124.
— der Vanneleitung. 119.
— West-Burn-Brücke. 124.
Wasserquerschnitt. 105.
Wassertrog bei Kanalbrücken. 127.
Weichselbrücke bei Dirschau. *Kunstf.* 160.
— bei Fordon. *Kunstf.* 171.
Weigle. *Kunstf.* 183.
Widerlager b. Tragbrücken. *Kunstf.* 204.
— bei Wandbrücken. *Kunstf.* 162.
Widerlagspfeiler. *Kunstf.* 209.
Wien, Brücke bei Bahnhof Meidling. *Kunstf.* 229.
Wiener Hochquellenwasserleitung. 110.
Wormser Strafsenbrücke. *Kunstf.* 136, 232.

Zinnen an Geländern. *Kunstf.* 235.
Zwischenpfeiler f. hölzerne Sprengwerkbrücken. 75.
Zyklopengemäuer. *Kunstf.* 143.

Abb. 1-23. Einstweilige hölzerne durch eiserne zu ersetzende Brücken. M. 1 400.

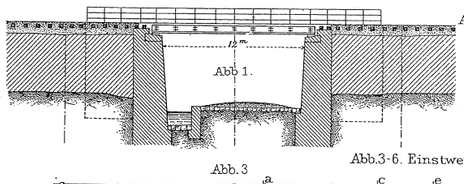


Abb. 1.

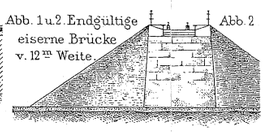


Abb. 1 u. 2. Endgültige eiserne Brücke v. 12 m Weite.

Abb. 2

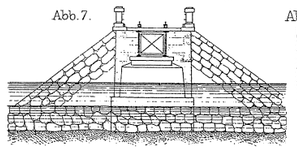


Abb. 7.

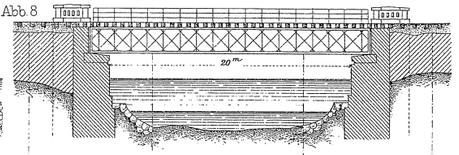


Abb. 8

Abb. 7 u. 8. Endgültige eiserne Brücke v. 20 m Weite.

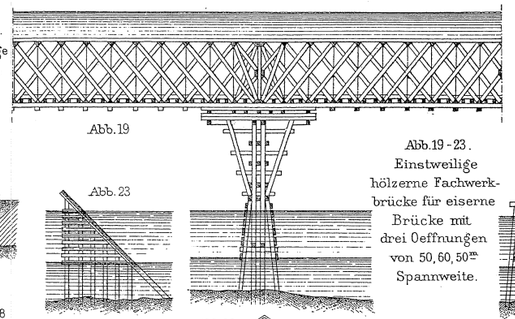


Abb. 19

Abb. 19-23. Einstweilige hölzerne Fachwerkbrücke für eiserne Brücke mit drei Oeffnungen von 50, 60, 50 m Spannweite.

Abb. 23

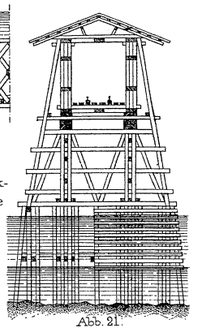


Abb. 21.

Abb. 3-6. Einstweilige hölzerne Brücke zu Abb. 1 u. 2.

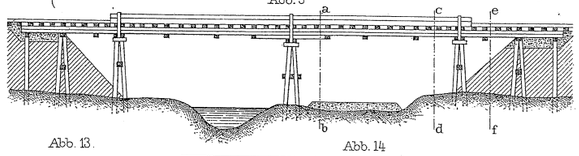


Abb. 3

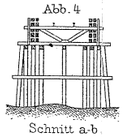


Abb. 4

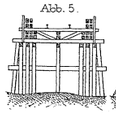


Abb. 5.

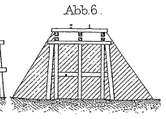


Abb. 6.

Schnitt a-b

Schnitt c-d.

Schnitt e-f.

Abb. 9-12. Einstweilige hölzerne Brücke zu Abb. 7 u. 8.

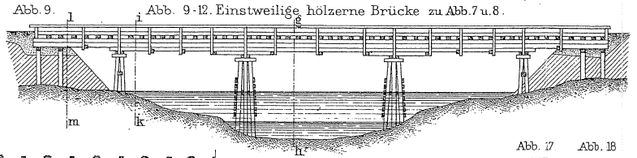


Abb. 9.

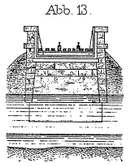


Abb. 13.

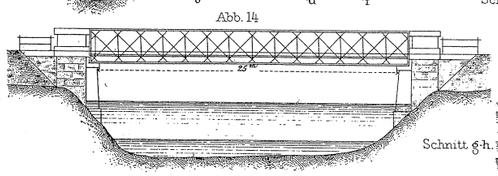


Abb. 14

Abb. 13 u. 14. Endgültige eiserne Brücke von 25 m Weite.

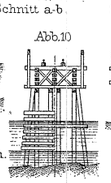


Abb. 10

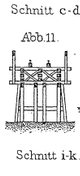


Abb. 11.

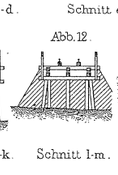


Abb. 12.

Schnitt g-h.

Schnitt i-k.

Schnitt l-m.

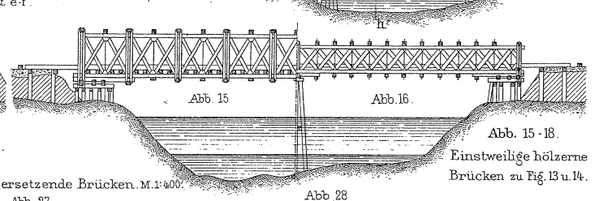


Abb. 15

Abb. 16.

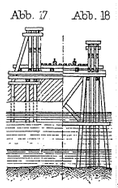


Abb. 17

Abb. 18

Abb. 15-18. Einstweilige hölzerne Brücken zu Fig. 13 u. 14.

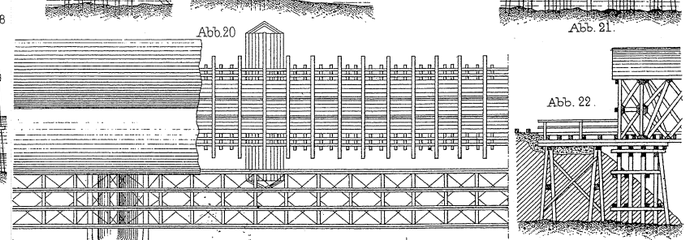


Abb. 20

Abb. 22.

Abb. 24-42. Einstweilige hölzerne durch steinerne zu ersetzende Brücken. M. 1:400.

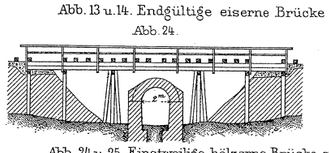


Abb. 24.

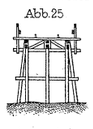


Abb. 25

Abb. 24 u. 25. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 2 m Weite.

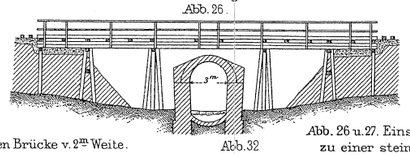


Abb. 26.

Abb. 27

Abb. 26 u. 27. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v 3 m Weite.

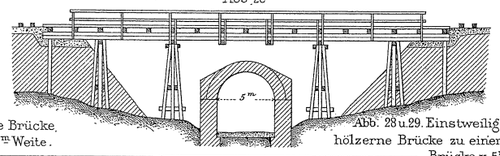


Abb. 28

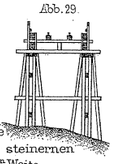


Abb. 29.

Abb. 28 u. 29. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 5 m Weite.

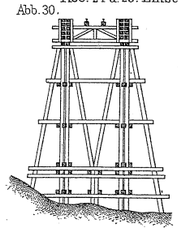


Abb. 30.

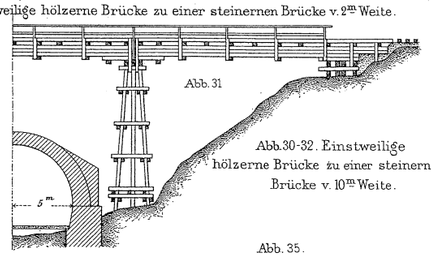


Abb. 31

Abb. 30-32. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 10 m Weite.

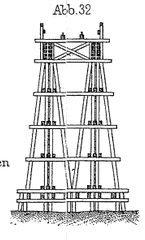


Abb. 32

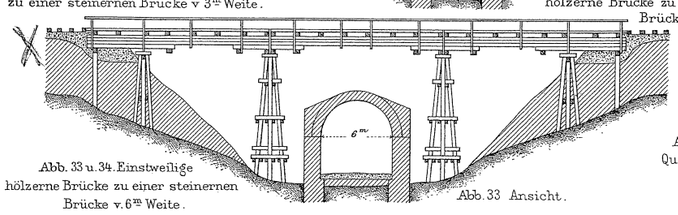


Abb. 33 u. 34. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 6 m Weite.

Abb. 33 Ansicht.

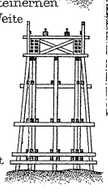


Abb. 34. Querschnitt

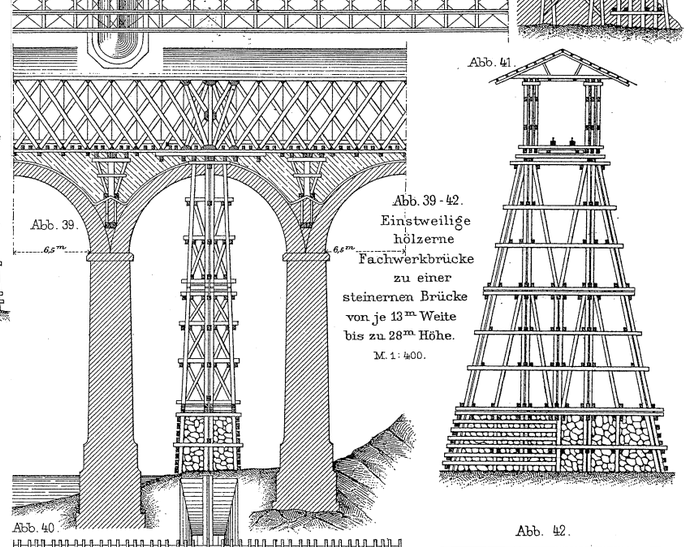


Abb. 39.

Abb. 39-42. Einstweilige hölzerne Fachwerkbrücke zu einer steinernen Brücke von je 13 m Weite bis zu 28 m Höhe. M. 1:400.

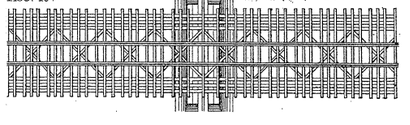


Abb. 40

Abb. 41.

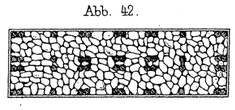


Abb. 42.

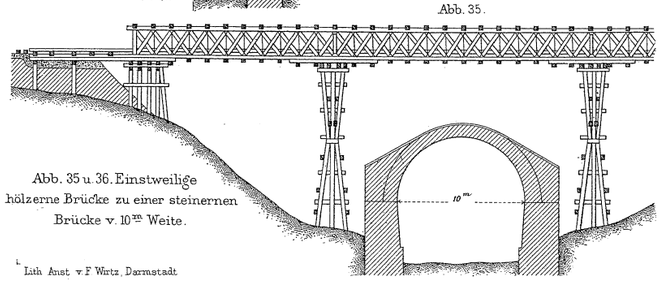


Abb. 35.

Abb. 35 u. 36. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 10 m Weite.

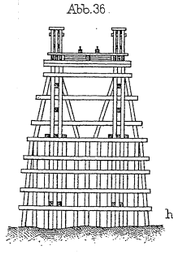


Abb. 36.

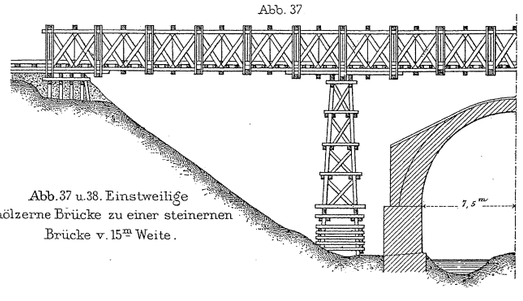


Abb. 37

Abb. 37 u. 38. Einstweilige hölzerne Brücke zu einer steinernen Brücke v. 15 m Weite.

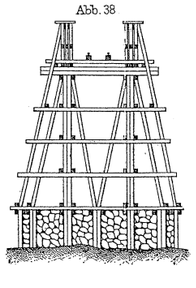


Abb. 38

Lith Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig

Hölzerne Brücken.

Abb. 1 u. 2. Fachwerkbrücke (System Ibjanski).

Abb. 1. Ansicht u. Längenschnitt 1:100.

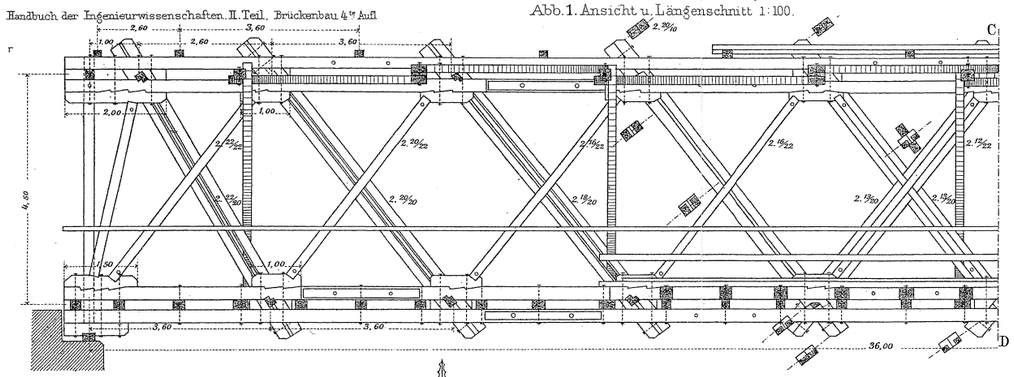


Abb. 2. Querschnitt C-D
1:100.

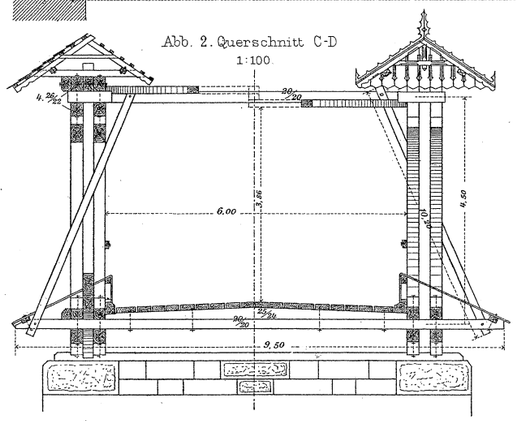


Abb. 4. Querschnitt 1:100.

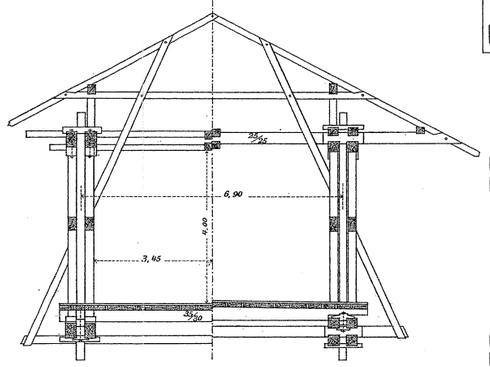


Abb. 6-8. Strafsenbrücke (System Rychter).

Abb. 6. Längenschnitt 1:100.

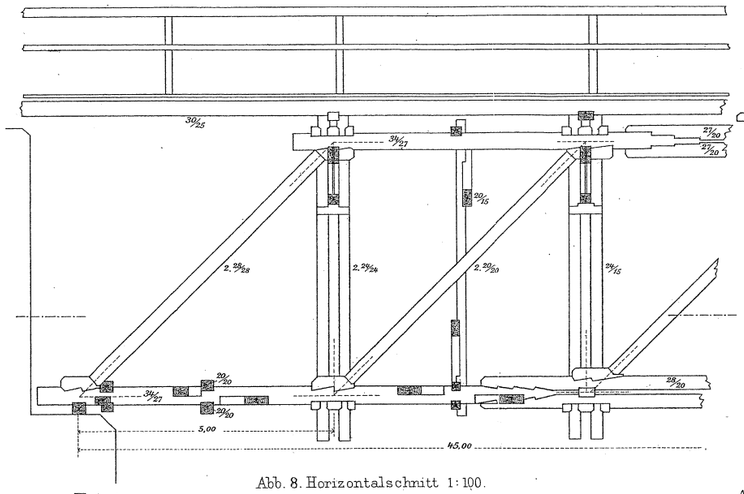


Abb. 8. Horizontalschnitt 1:100.

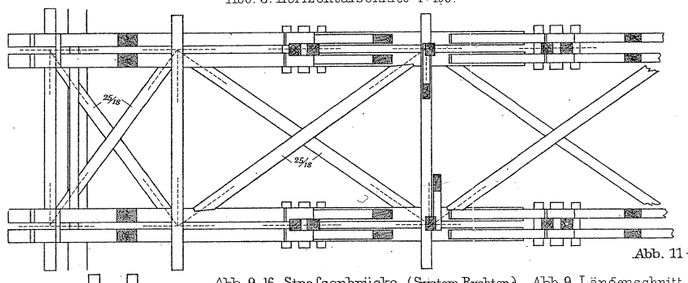


Abb. 7. Querschnitt
1:100

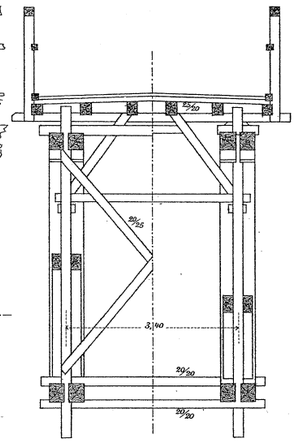


Abb. 14.

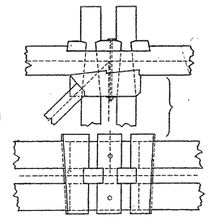


Abb. 15.

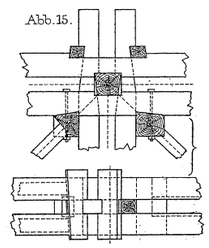


Abb. 12.

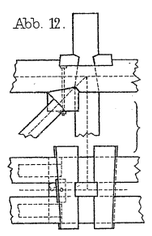


Abb. 13.

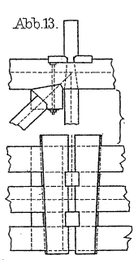


Abb. 16.

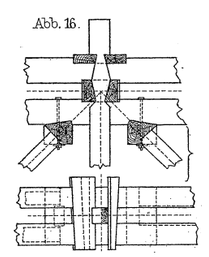


Abb. 11-16. Einzelteile zu Abb. 9 u. 10.

Abb. 3 bis 16. Fachwerkbrücken (System Rychter).

Abb. 3-5. Strafsenbrücke.
Ansicht u. Längenschnitt 1:100.

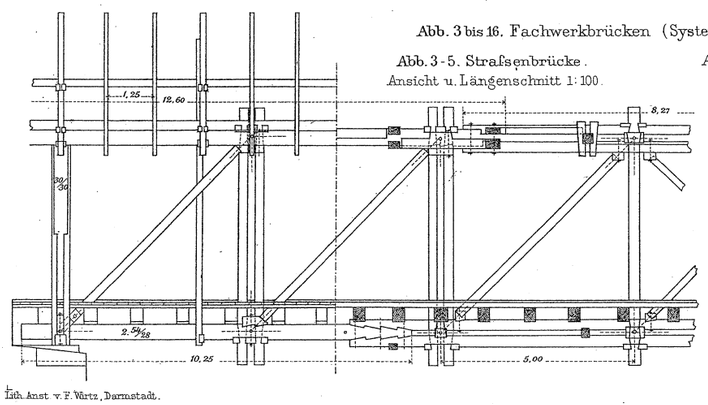


Abb. 5. Auflagerung d. Querträger.
1:50.

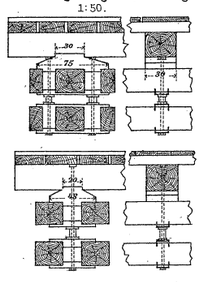


Abb. 11.

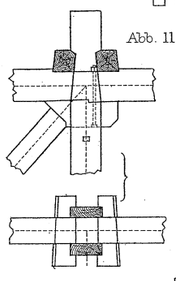


Abb. 9-16. Strafsenbrücke (System Rychter). Abb. 9. Längenschnitt 1:100.

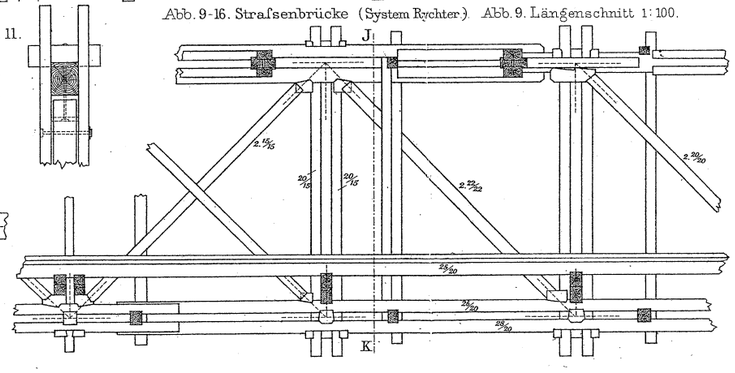
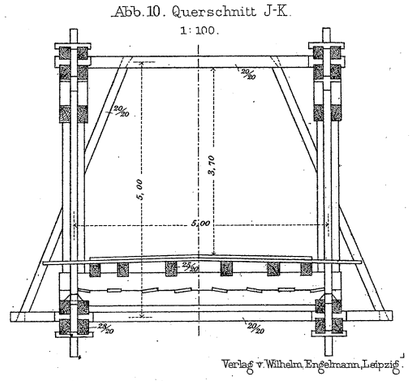


Abb. 10. Querschnitt J-K.
1:100.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Hölzerne Brücken.

Abb. 1-7. Fachwerkbrücke der oesterreichischen Südbahn.

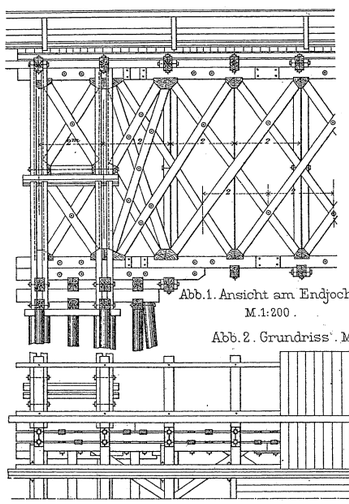


Abb. 1. Ansicht am Endjoch. M. 1:200.

Abb. 2. Grundriss. M. 1:200.

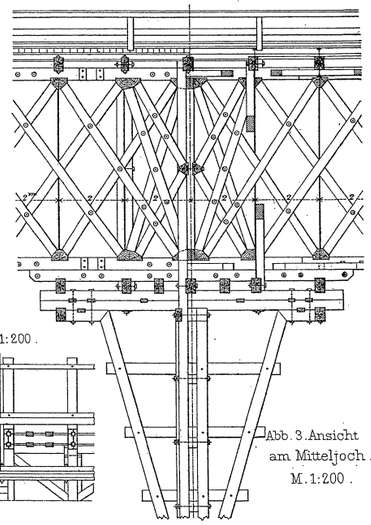


Abb. 3. Ansicht am Mitteljoch. M. 1:200.

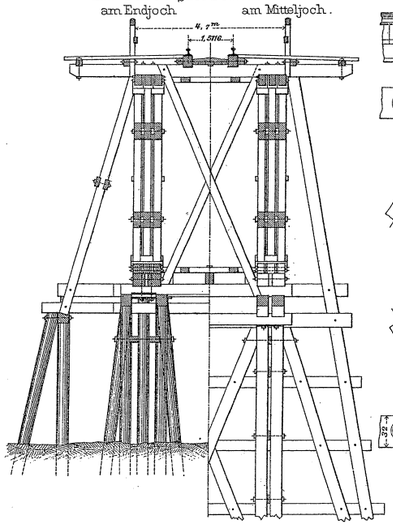
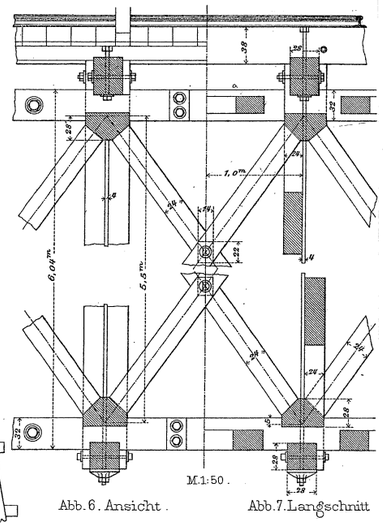


Abb. 4 u. 5. Querschnitte. M. 1:200.
am Endjoch — am Mitteljoch.



M. 1:50.

Abb. 6. Ansicht. Abb. 7. Langschnitt

Abb. 8-14. Sprengwerkbrücke der oesterr. Nordwestbahn.

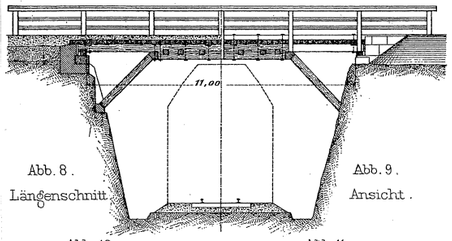


Abb. 8. Längenschnitt. Abb. 9. Ansicht.

Abb. 10. Grundriss. M. 1:200. Abb. 11. Aufsicht.

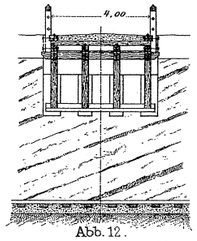


Abb. 12. Querschnitt durch die Mitte.

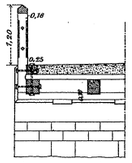


Abb. 13. Einzelheit des Querschnitts. M. 1:100.

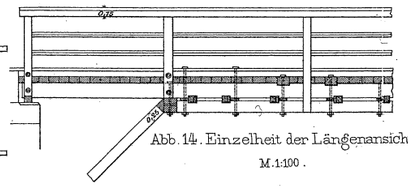
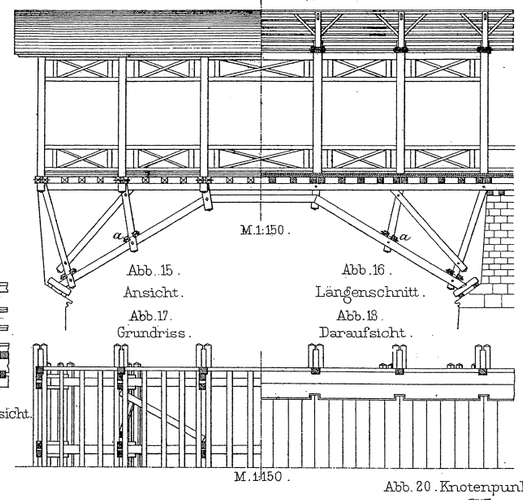


Abb. 14. Einzelheit der Längenansicht. M. 1:100.

Abb. 15-22. Wegbrücke zu Seeheim bei Darmstadt.

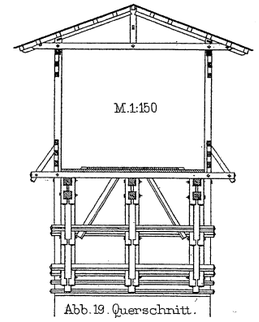


M. 1:150.

Abb. 15. Ansicht. Abb. 16. Längenschnitt.

Abb. 17. Grundriss. Abb. 18. Daraufsicht.

M. 1:150.



M. 1:150.

Abb. 19. Querschnitt.

Abb. 21. Einzelheit der Querzangen b c.

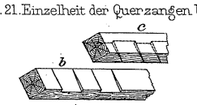


Abb. 22. Hängzangen d e.

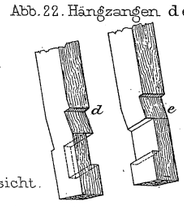


Abb. 20. Knotenpunkte a.

Abb. 23-36. Strafsenbrücke mit doppeltem Sprengwerk.

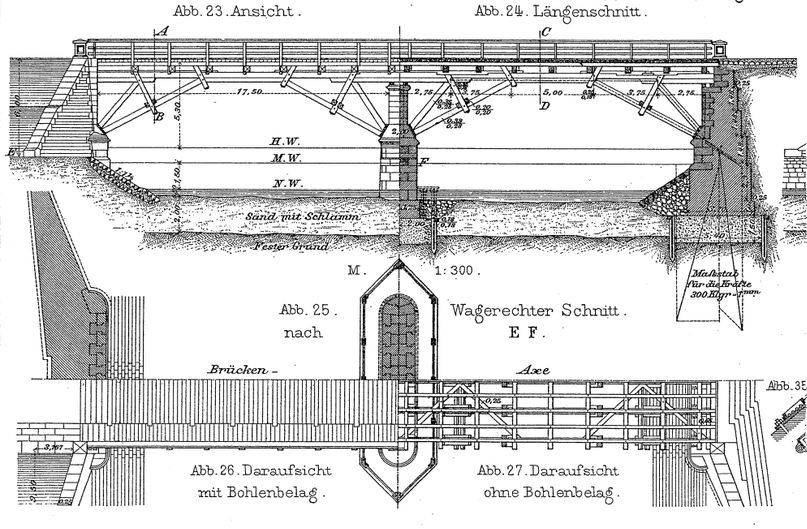


Abb. 23. Ansicht. Abb. 24. Längenschnitt.

M. 1:300.

Abb. 25. Wagerechter Schnitt nach E F.

Abb. 26. Daraufsicht mit Bohlenbelag.

Abb. 27. Daraufsicht ohne Bohlenbelag.

Abb. 28 u. 29. Querschnitte nach AB. nach CD.

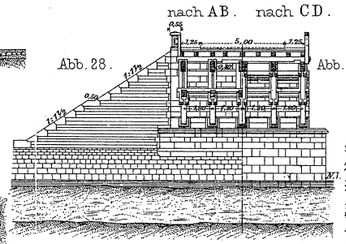


Abb. 28. Abb. 29.

Abb. 30-32. Streberköpfe.

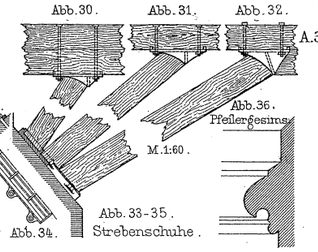


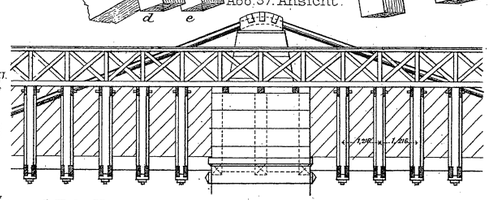
Abb. 30. Abb. 31. Abb. 32.

Abb. 33-35. Strebenschuhe.

Abb. 34. Abb. 35. Abb. 36. Pfeilergesims.

M. 1:60.

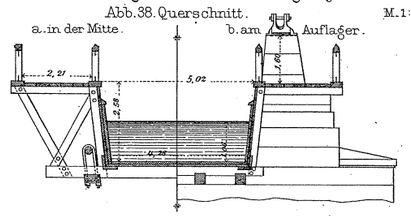
Abb. 37. Ansicht.



A. 37, 38. Hölz. Kanalhängebrücke über d. Allegheny bei Pittsburg.

Abb. 38. Querschnitt. M. 1:160.

a. in der Mitte. b. am Auflager.

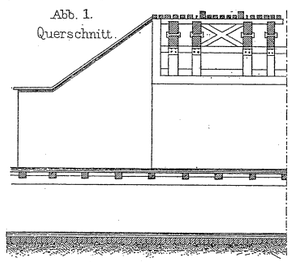


Lith. Anst. v. F. Warts, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Hölzerne Brücken.

Abb. 1. Querschnitt.



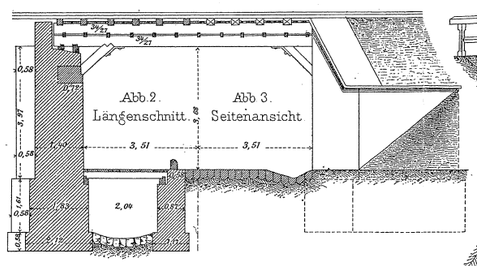
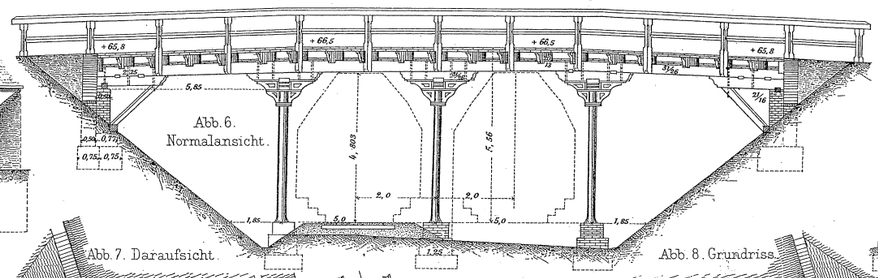


Abb. 6-9. Wegebrücke bei Varel. (Bahn Heppens-Oldenburg) M. 1:160.



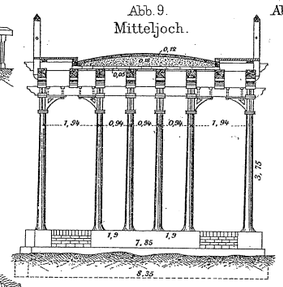
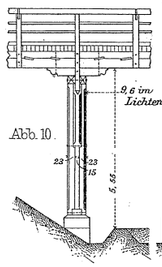
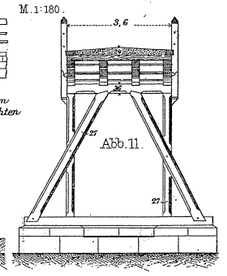


Abb. 10 u. 11. Wegebrücke der Schweizerischen Eisenbahnen. M. 1:180.





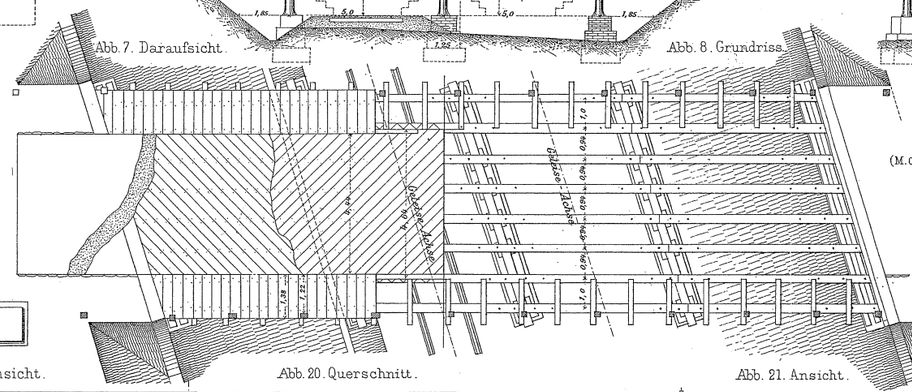
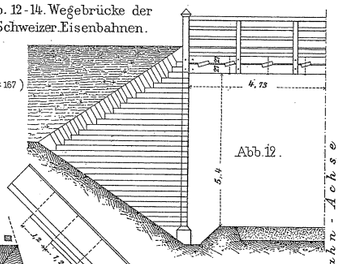
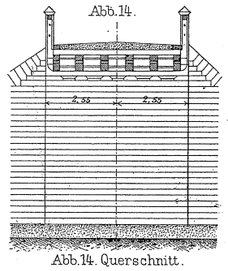


Abb. 12-14. Wegebrücke der Schweizer Eisenbahnen.





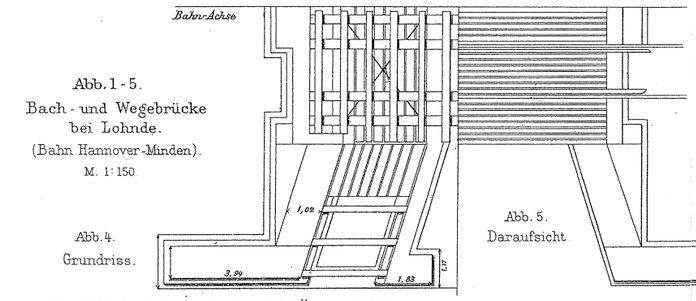


Abb. 15, 16. Einfache Balkenbrücke d. Österr. Südbahn.

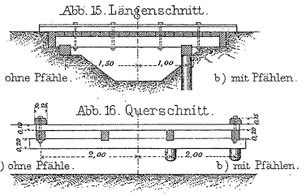


Abb. 17, 18. Einfache Balkenbrücke d. Österr. Südbahn.

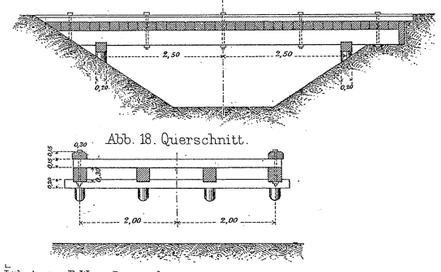


Abb. 19. Ansicht.

Abb. 20. Querschnitt.

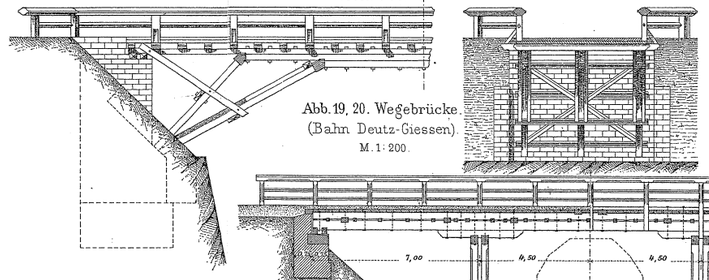


Abb. 21. Ansicht.

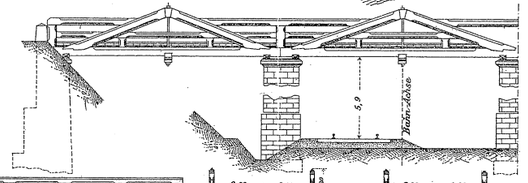


Abb. 13.

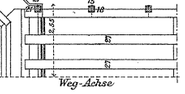



Abb. 22. Querschnitt.

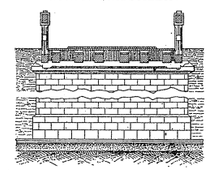


Abb. 23.
Hannoversche Chausseebrücke.
M. 1:150.

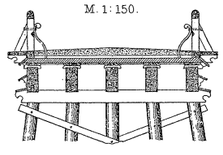


Abb. 24-31. Verdübelte Balkenbrücke der Österr. Südbahn.

Abb. 24. Längenschnitt.

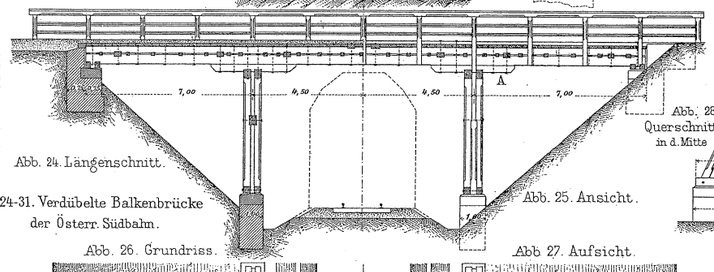


Abb. 25. Ansicht.

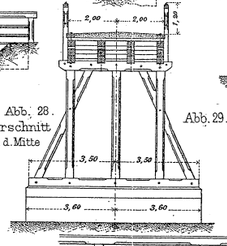


Abb. 26. Grundriss.

Abb. 27. Aufsicht.

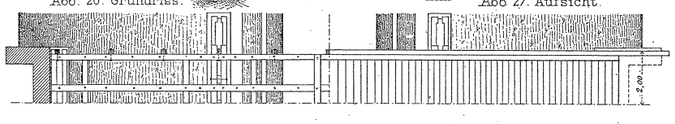


Abb. 28. Querschnitt in d. Mitte

Abb. 29. Querschnitt am Auflager.

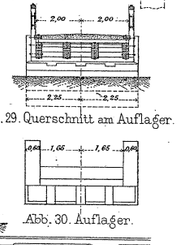


Abb. 30. Auflager.

Abb. 31. Einzelteil bei A (Abb. 25) 1:100.

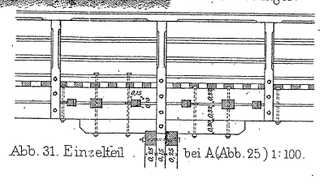


Abb. 32-34. Doppelte Hängwerkbrücke. M. 1:170.

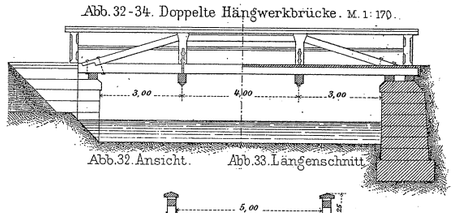
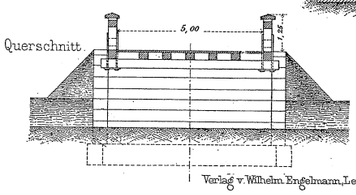


Abb. 34. Querschnitt.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Abb. 5-28. Kriegs- und Notbrücken.

Abb. 1, 2. Amerikanische Eisenbahn-Gerüstbrücke M. 1:200.

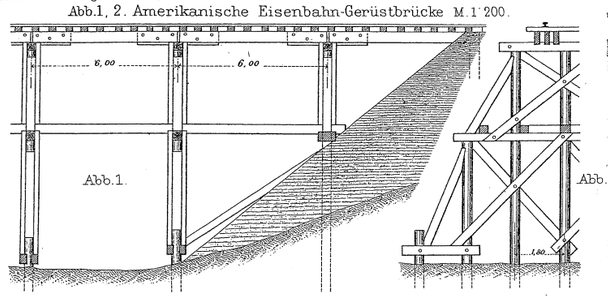


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3, 4. Hülfsstrafsenbrücke M. 1:200.

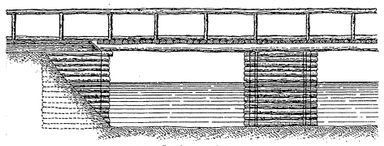


Abb. 3. Ansicht.

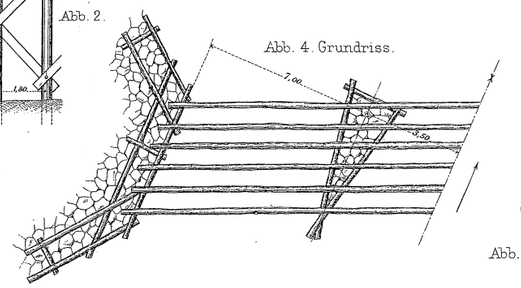


Abb. 4. Grundriss.

Abb. 18-20. Notbrücke über die Marne bei Villiers. M. 1:285.

Taf. V.

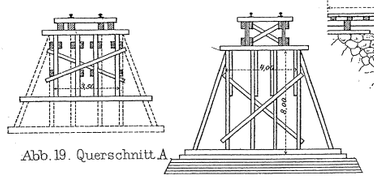


Abb. 19. Querschnitt A.

Abb. 20. Querschnitt B.

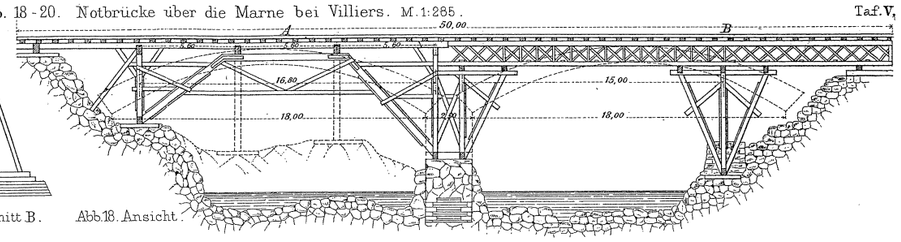


Abb. 18. Ansicht.

Abb. 5-8. Kriegsbrücke über d. Oise bei Chantilly. M. 1:250.

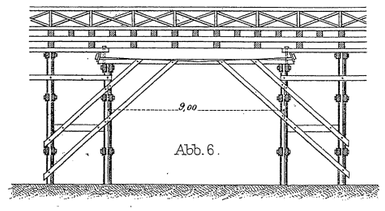


Abb. 6.

Abb. 5. Hauptansicht.

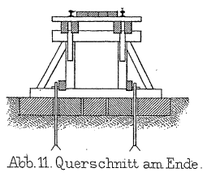


Abb. 11. Querschnitt am Ende.

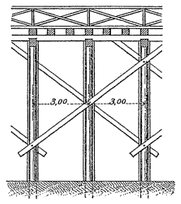


Abb. 7. Ansicht.

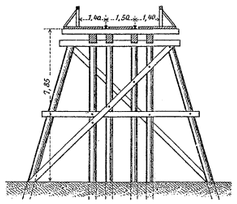


Abb. 8. Querschnitt.

Abb. 21-24. Notbrücke über die Marne bei Villiers. M. 1:285.

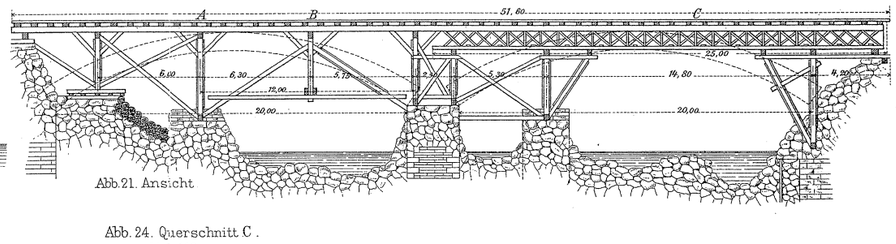


Abb. 21. Ansicht.

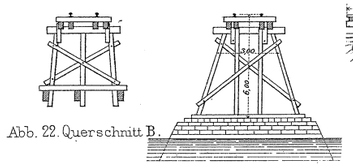


Abb. 22. Querschnitt B.

Abb. 23. Querschnitt A.

Abb. 24. Querschnitt C. M. 1:100.

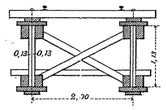


Abb. 9-11. Kriegsbrücke über die Mosel bei Pont à Mousson. M. 1:150.

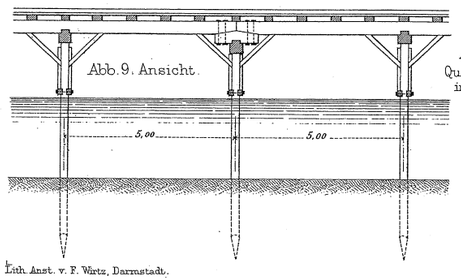


Abb. 9. Ansicht.

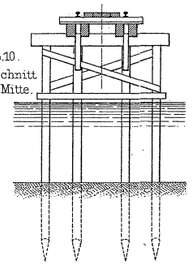


Abb. 10. Querschnitt in d. Mitte.

Abb. 12, 13. Kriegsbrücke über d. Seille bei Cheminot. M. 1:300.

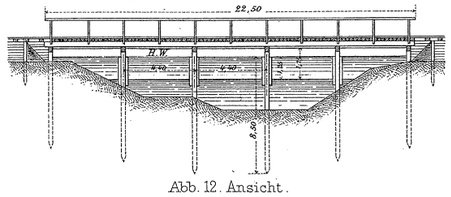


Abb. 12. Ansicht.

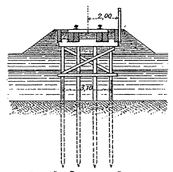


Abb. 13. Querschnitt.

Abb. 14-17. Kriegs-Fachwerkbrücken.

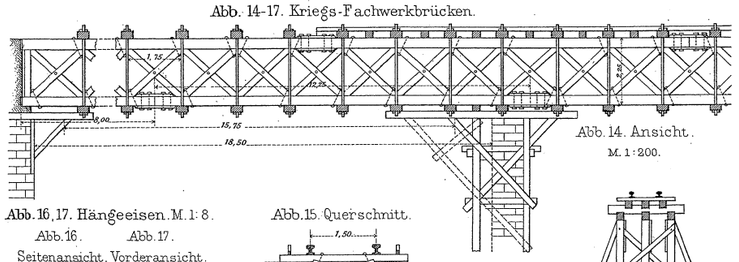


Abb. 14. Ansicht. M. 1:200.

Abb. 16, 17. Hängeeisen. M. 1:8.

Abb. 16. Seitenansicht. Abb. 17. Vorderansicht.

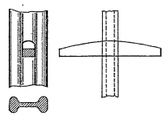
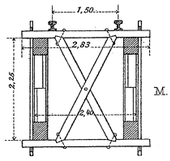


Abb. 15. Querschnitt.



M. 1:116.

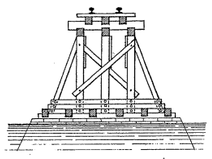


Abb. 28. Querschnitt.

Abb. 25, 26. Notbrücke. Chaussee-Unterführung bei Bahnhof Mitry-Clay. M. 1:250.

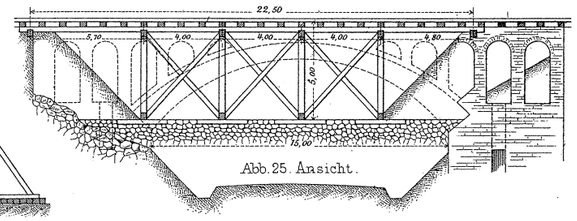


Abb. 25. Ansicht.

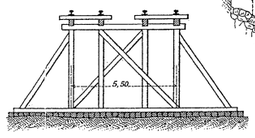


Abb. 26. Querschnitt.

Abb. 27, 28. Notbrücke über die Marne bei Froncles. M. 1:280.

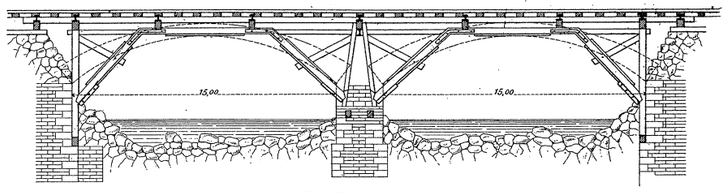


Abb. 27. Ansicht.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Aquadukt- und Kanal-Brücken.

Abb. 1 Aquadukt von Sing-Sing Kill. (Wasserleitung für New York.) M. 0,008.

Abb. 2a. Abb. 2a-2b Blaircair-Aquadukt. (Wasserleitung für Glasgow.) M. 0,0084. Abb. 2b.

Abb. 6a. Schnitt GH. Abb. 6b. Schnitt JK. M. 0,004.

Abb. 6a-6e. Bach-Aquadukt (Oesterr. Südbahn.)

Abb. 6c. Schnitt LM. M. 0,004.

Abb. 6d. Ansicht. Abb. 6e. Längenschnitt

Abb. 12a-12b Aquadukt bei Leobersdorf. (Wiener Wasserleitung) M. 0,0033.

Abb. 12a. Abb. 12b

Abb. 14a Ansicht.

Abb. 3a. M. 0,005

Abb. 3b. M. 0,0025.

Abb. 3a-3b Aquadukt von la Frette.

Abb. 7a-7c Aquadukt für einen Bewässerungskanal der Bocker Haide

Abb. 7a. Längenschnitt. M. 0,0035.

Abb. 7b. Grundriss M. 0,002.

Abb. 7c Querschnitt. M. 0,0035.

Abb. 13a-13d Kanalbrücke über die Zorn.

Abb. 13a Ansicht. M. 0,004.

Abb. 8a. Abb. 8b.

Abb. 8a-8b. Kanalbrücke über den Orb M. 0,005.

Abb. 13b. Längenschnitt. Abb. 13c. Querschnitt.

Abb. 13d. Grundriss. M. 0,0013.

Abb. 14a-14c. Kanal von Dortmund nach den Emshäfen. Weg-Unterführung. M. 0,0033.

Abb. 14b. Schnitt QS. Abb. 14c. Schnitt TU.

Abb. 15. Englische Kanalbrücke. M. 0,0041.

Abb. 4a.

Abb. 4b. Abb. 4c.

Abb. 4a-4c. Kanalbrücke von St. Firmin bei Briare M. 0,0025.

Abb. 5. Abb. 5. Aquadukt des Speisegrabens für den Kanal von Nivernais. M. 0,005.

Abb. 9a-9b. Vanne-Aquadukt. M. 0,005.

Abb. 9a. Abb. 9b.

Abb. 10a. Abb. 10a-10c. Vanne-Aquadukt. M. 0,005.

Abb. 10b. Abb. 10c.

Abb. 11a-11d. Vanne-Aquadukt (Wasserleitung für Paris.) M. 0,005

Abb. 11a. Abb. 11b. Abb. 11c. Schnitt CD. Abb. 11d. Schnitt EF.

Abb. 16a-16c. Aquadukt des Leina-Kanales über die Thüringische Eisenbahn. M. 0,0045.

Abb. 16a. Abb. 16b. Abb. 16c.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Abb. 1. Tunnelportal.

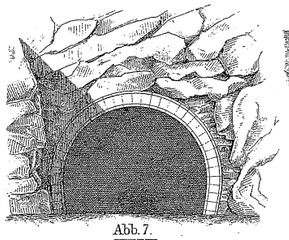
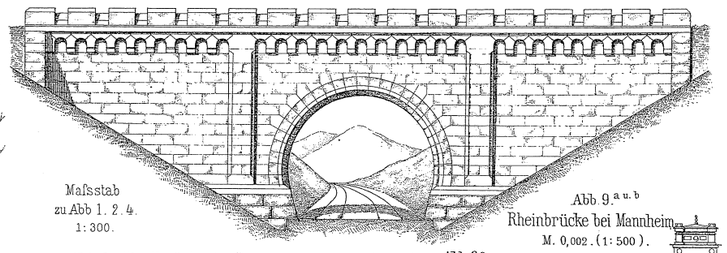


Abb. 2. Brückthor.



Maßstab zu Abb 1. 2. 4. 1:300.

Abb. 3. Neckarbrücke in Mannheim.

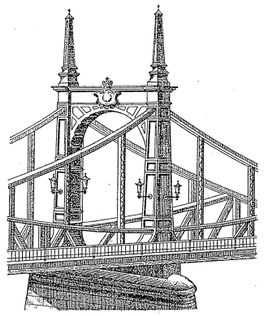


Abb. 4. Durchfahrt.

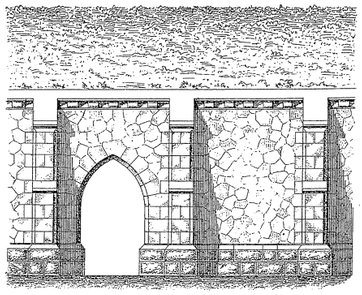


Abb. 5. Landpfeiler der Elbbrücke bei Meissen.

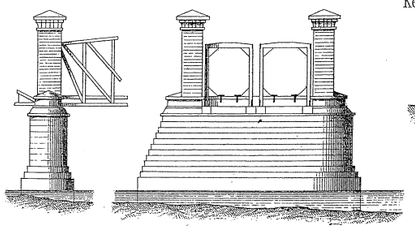


Abb. 6. Franz-Karl Kettenbrücke in Graz. M. 1:600.

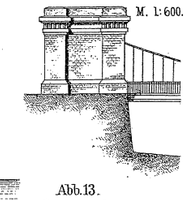


Abb. 7. Weichselbrücke bei Dirschau. M. 0,001 4 (1:720).

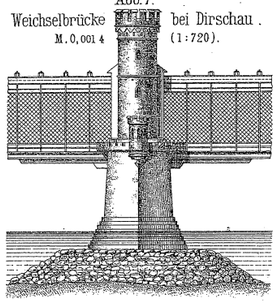


Abb. 8. Eipelbrücke in Ungarn. M. 0,002 5. (1:400).

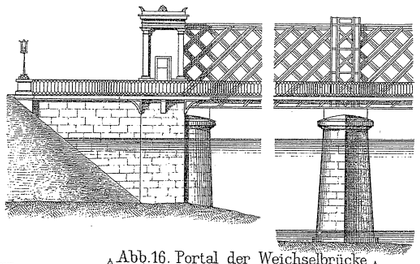


Abb. 9. a u. b Rheinbrücke bei Mannheim. M. 0,002. (1:500).

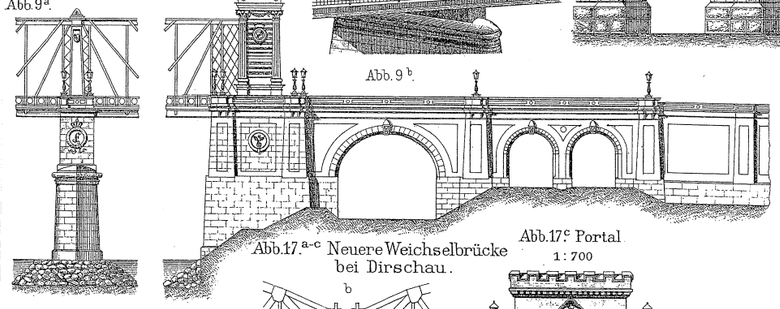


Abb. 9a.

Abb. 9b.

Abb. 10. Viadukt über den Dee

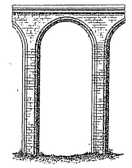


Abb. 11. Kettenbrücke in Prag. M. 1:600.

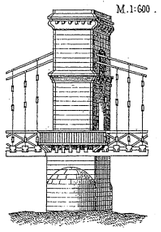


Abb. 12. Pilone der Bamberger Kettenbrücke. M. 1:250.

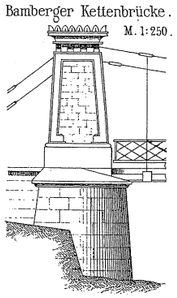
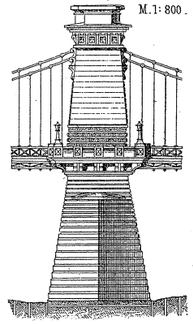
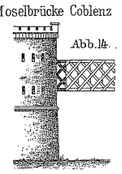


Abb. 13. Kettenbrücke in Budapest. M. 1:800.



Moselbrücke Coblenz

Abb. 14.



Weichselbrücke Thorn.

Abb. 15.

Abb. 16. Portal der Weichselbrücke bei Fordon.

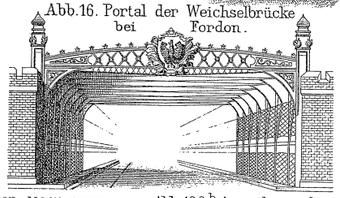
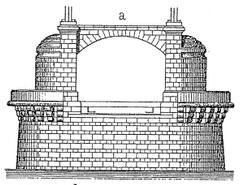


Abb. 17. a-c Neuere Weichselbrücke bei Dirschau.

Abb. 17a. Mittelpfeiler. 1:450.



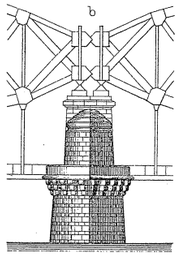


Abb. 17c Portal 1:700

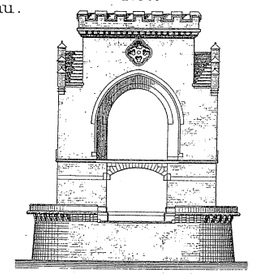


Abb. 18. Portal der Wittelsbachbrücke in München. M. 1:100.

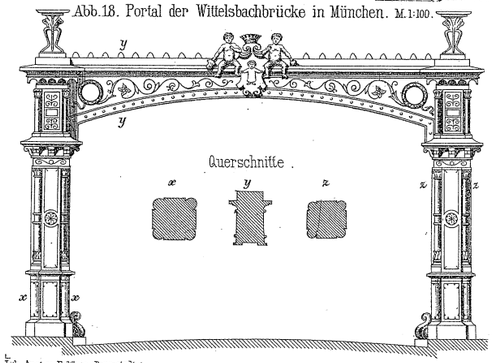


Abb. 19. a b Amerikanische Brückeneingänge.

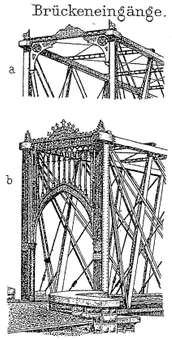


Abb. 20 a,b Kaiserbrücke in Bremen. 1:300.

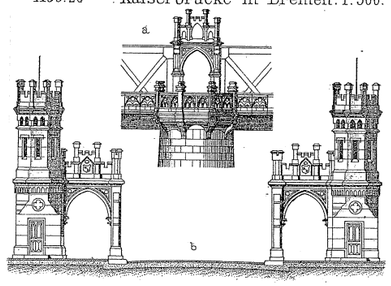


Abb. 21. Lahnbrücke bei Nassau. 1:400.

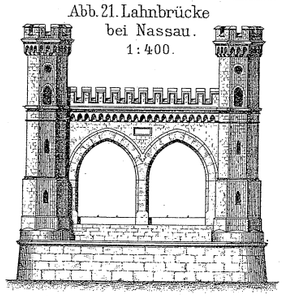


Abb. 22. Brooksbrücke in Hamburg.

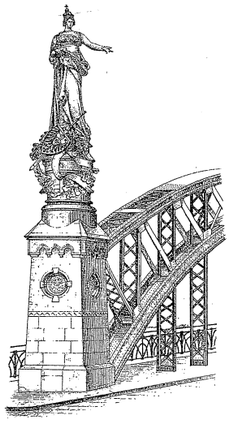


Abb. 23. Elbbrücke bei Hamburg.

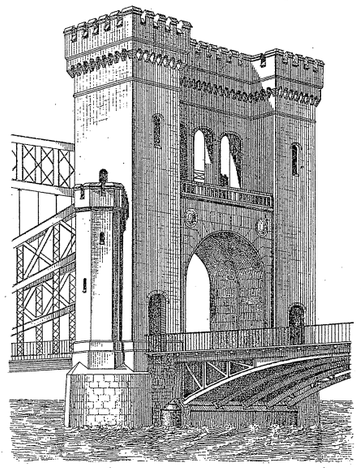
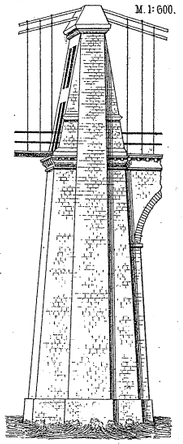


Abb. 24. Kettenbrücke über die Menai-Strasse. M. 1:600.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Abb. 1a-c
Albert-Brücke
in Dresden
M 1:400.

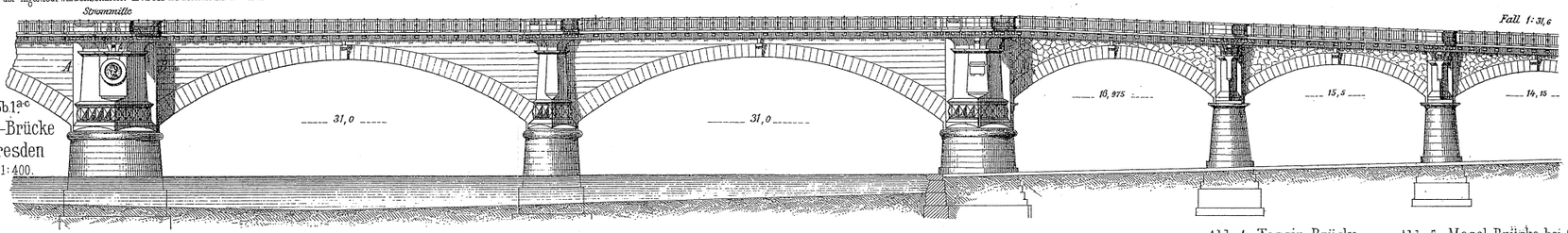


Abb. 1b. Grundriss der Brüstung.

Abb. 1c Horizontalschnitt in der Höhe AB.

Abb. 2. Britannia-Brücke.

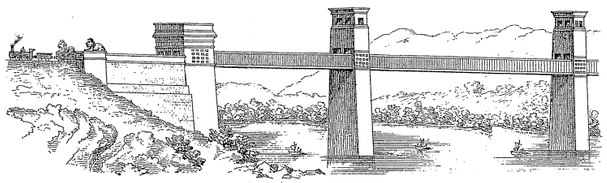


Abb. 3. Schlossbrücke in Berlin.

Abb. 4. Tessin-Brücke
bei Buffalora.
M. 1:500.

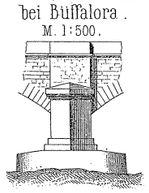


Abb. 5. Mosel-Brücke bei Güls.
M. 1:500.

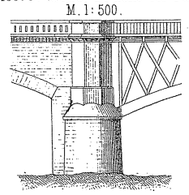


Abb. 19. Eisenbahnbrücke über die Warthe
bei Wronke 1:500.

Abb. 6. Brücke auf der Uhlenhorst in Hamburg. 1:300.

Abb. 7. Portal der Kettenbrücke
in Müllheim
M. 1:150.

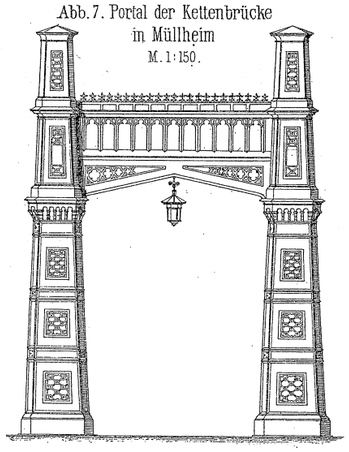


Abb. 8. Portal der Brücke von Lorient.

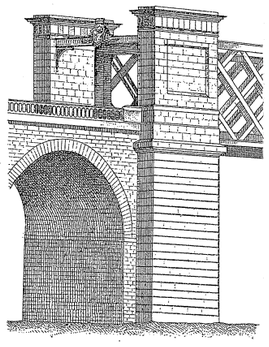


Abb. 9. Tegetthoff-Brücke in Wien.
M. 1:50.

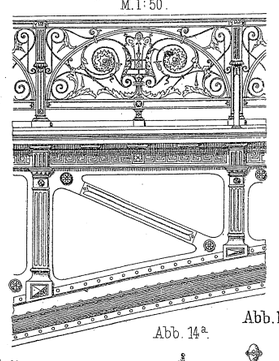


Abb. 10. Rheinbrücke bei Waldshut. M. 1:300.

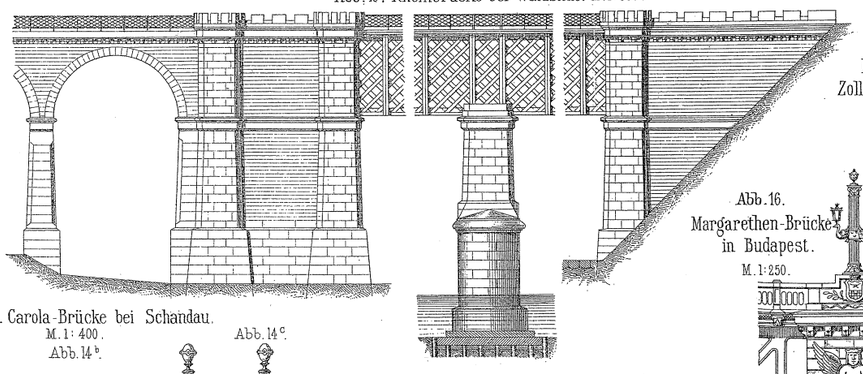


Abb. 11.
Brücke über die
Zoll-Elbe in Magdeburg.
M. 1:400.

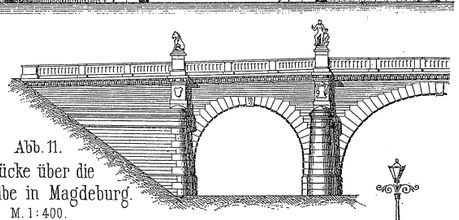


Abb. 17. Unterspree-Brücke in Berlin.

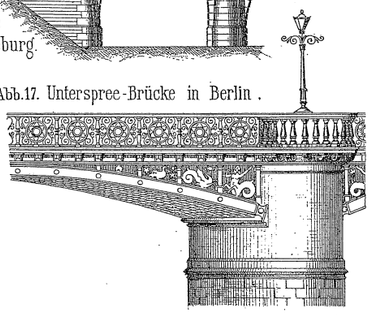


Abb. 12. Portal der österreichischen Südbahn.
M. 1:300.

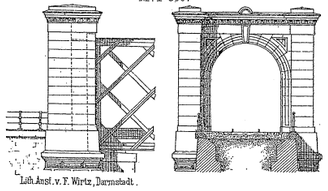


Abb. 13. Memel-Brücke bei Tilsit.
Abb. 13a. M. 1:400. Abb. 13b.

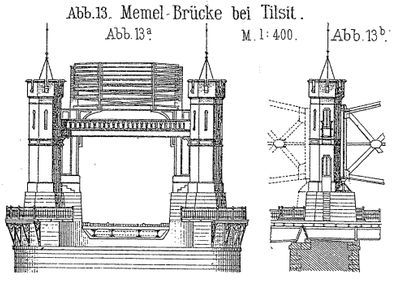


Abb. 14. Carola-Brücke bei Schandau.
Abb. 14a. M. 1:400. Abb. 14b. Abb. 14c.

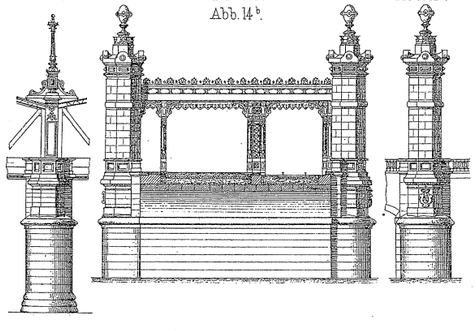


Abb. 15. Unterführung der Weißenturmtor-Straße
in Straßburg.

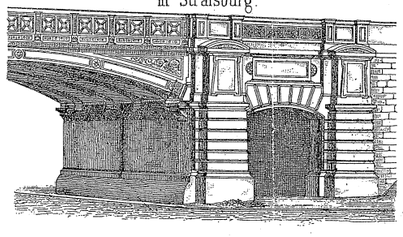


Abb. 16.
Margarethen-Brücke
in Budapest.
M. 1:250.

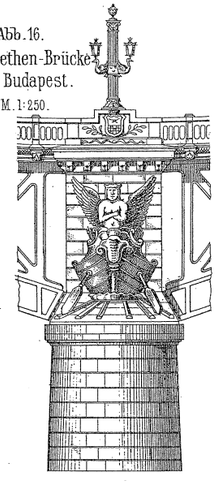
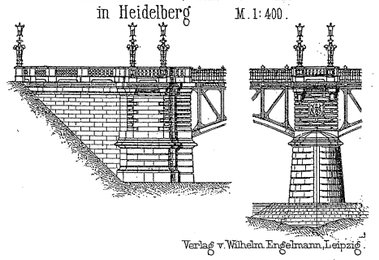


Abb. 18. Neuenheimer Brücke
in Heidelberg M. 1:400.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Abb 1a.

Abb. 1. Inn-Brucke bei Königswart. M. 0,0025 (1:400).

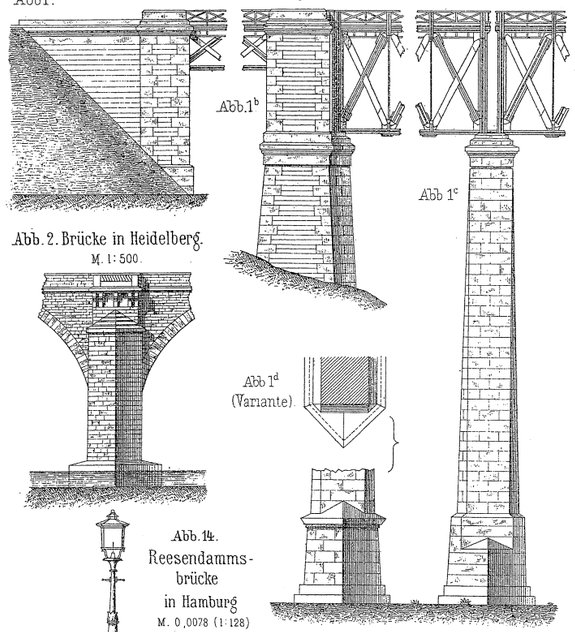


Abb 1b

Abb 1c

Abb. 2. Brücke in Heidelberg.
M. 1:500.

Abb 1d
(Variante).

Abb. 14.
Reesendamms-
brücke
in Hamburg
M. 0,0078 (1:128)

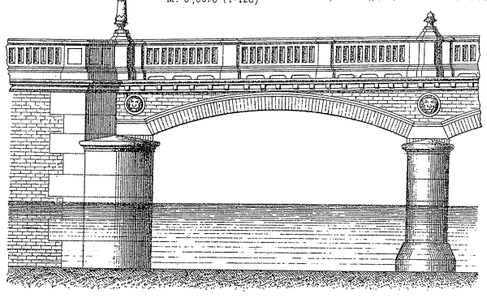


Abb. 15. Westminster Brücke in London. M. 0,0017 (1:600).

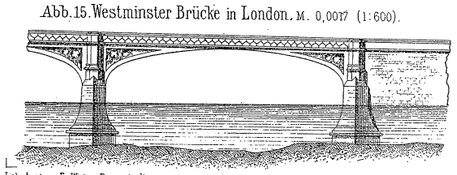


Abb. 3. Durchfahrt b Freiburg i B. M. 1:100.

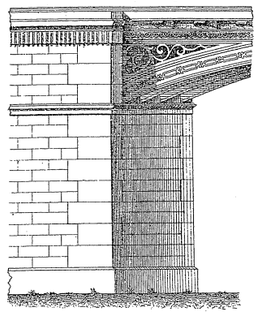


Abb. 4. Viadukt von Schildesche.
1:250.

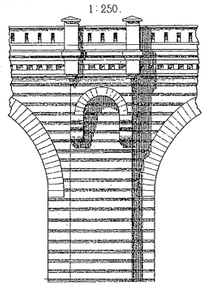


Abb. 5. Nydeck-Brücke in Bern. M. 0,002 (1:500).

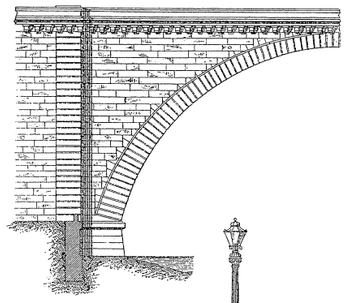


Abb. 6 Neckarbrücke bei Neckarelz.

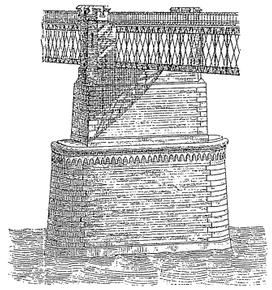


Abb. 7. Viadukt bei Chaumont.

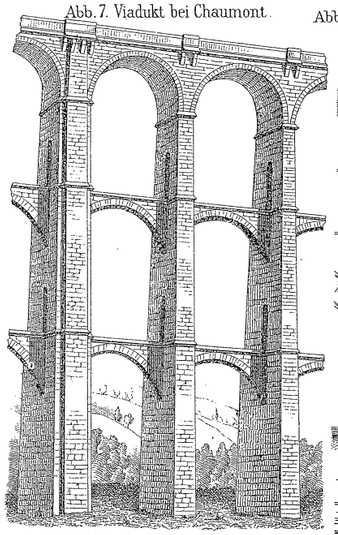


Abb. 8. Washington - Brücke
in New York. 1:700

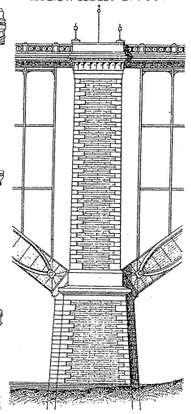


Abb. 9. Wandrahmsbrücke in Hamburg. M. 0,007 (1:144).

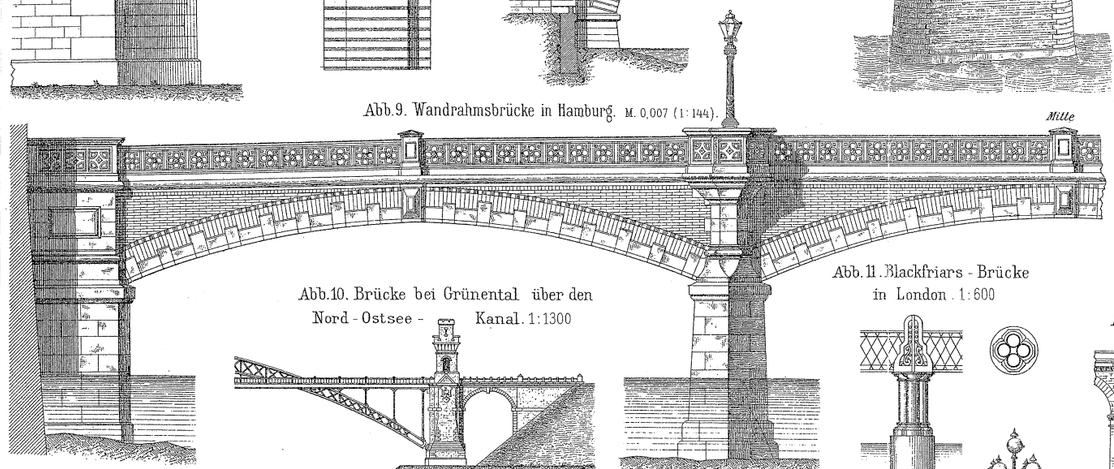


Abb. 10. Brücke bei Grünental über den
Nord - Ostsee - Kanal. 1:1300

Abb. 11. Blackfriars - Brücke
in London. 1:600

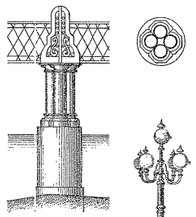


Abb. 12. Viadukt bei Friedberg.
M. 0,002 (1:500).

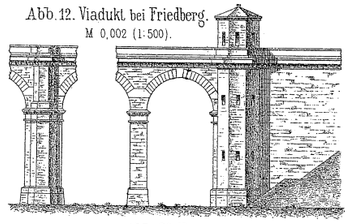


Abb. 13. London - Brücke.
1:500.

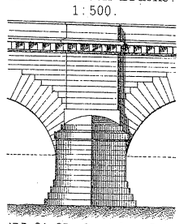


Abb. 16. Viadukt v. Heilgenborn in Sachsen. M. 0,0017 (1:576)

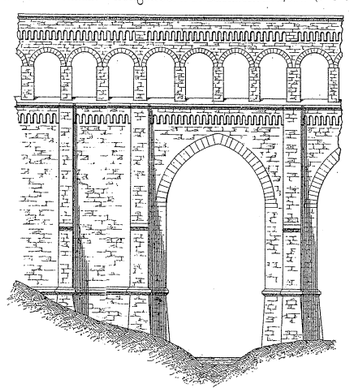


Abb. 17.
Zschopau Viadukt in Sachsen.
M 1:576.

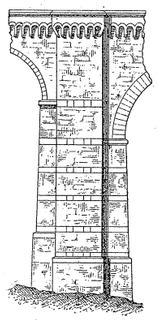


Abb. 18. Rheinbrücke in Constanz.

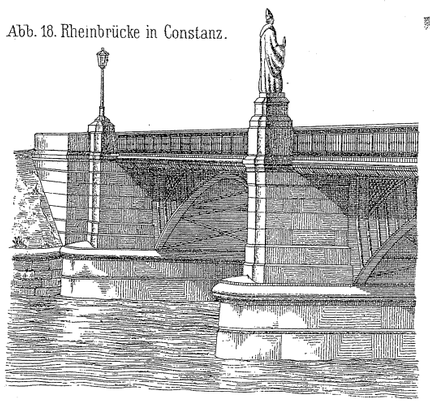


Abb. 19. Lombardsbrücke.
in Hamburg.

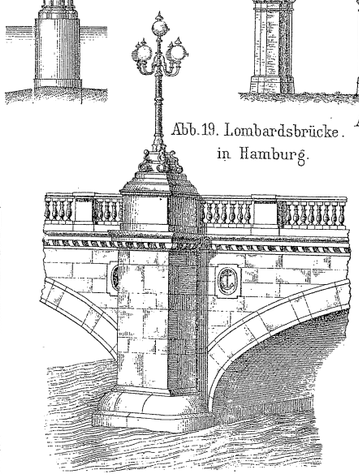


Abb. 20. Viadukt über das Fleurythal.
M. 0,002 (1:500)

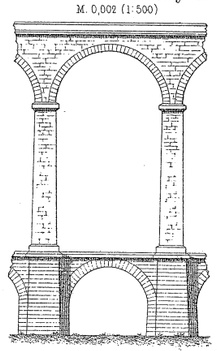
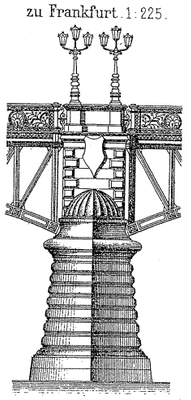


Abb. 21. Obermainbrücke
zu Frankfurt. 1:225.



Lith Anst. v F Wirtz, Darmstadt.

Verlag v Wilhelm Engelmann, Leipzig

Die Kunstformen des Brückenbaues.

Abb. 1. Rheinbrücke zu Bonn. 1 : 400.

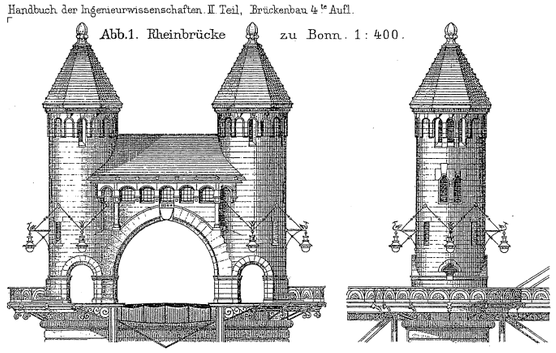


Abb. 2. Brücke im Elbpark zu Hamburg.

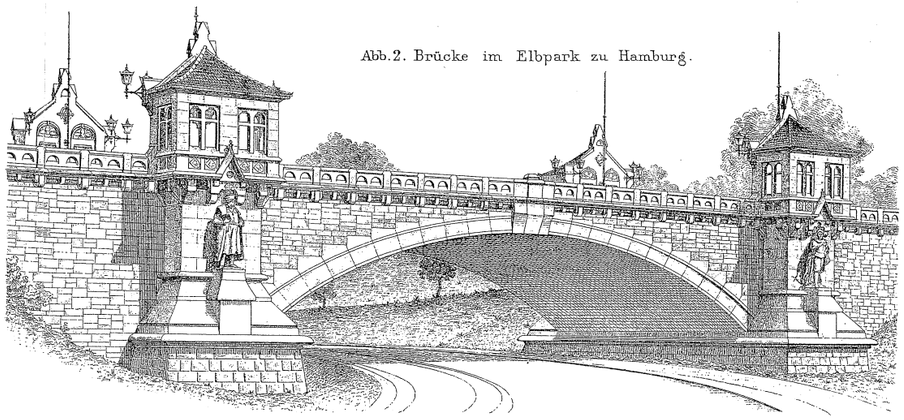


Abb. 3 a b. Landpfeiler der Strafsenbrücke bei Worms.

Abb. 3a. rechtes Ufer.

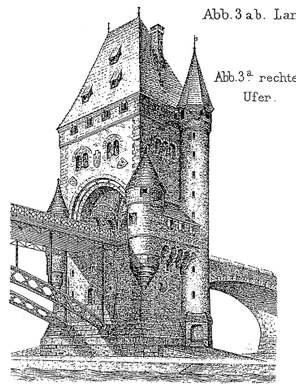


Abb. 3b. linkes Ufer.

Abb. 4. Brücke über die Grofse Weser in Bremen.

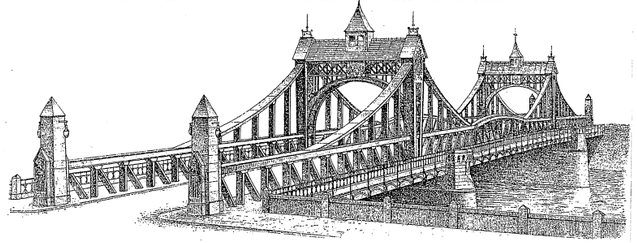


Abb. 5. Rheinbrücke zu Bonn. 1:3000.

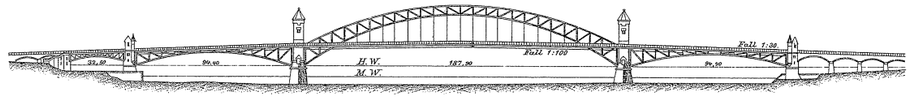


Abb. 6. Moabiter Brücke in Berlin.

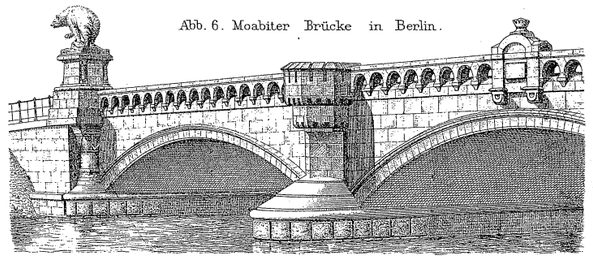


Abb. 7. Entwurf zum Wettbewerb für Worms.

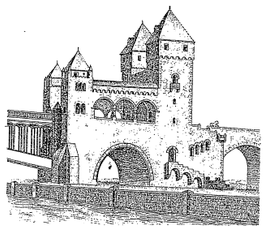


Abb. 8. Entwurf zum Wettbewerb für Budapest.

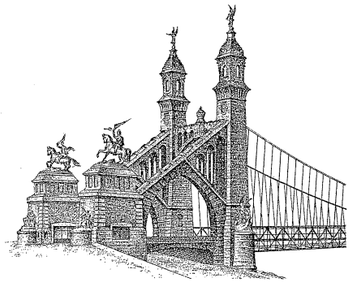


Abb. 9. Eisenbahnbrücken in Wien. 1:200.

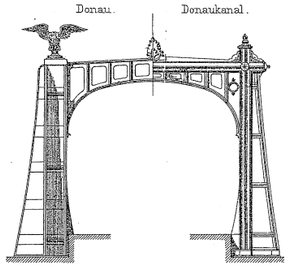


Abb. 10. Mühlensteg in Berlin.

Abb. 11. Entwurf zum Wettbewerb für Harburg.

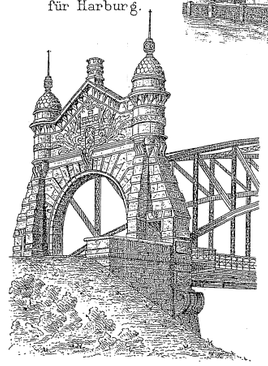


Abb. 12. Luitpoldbrücke in Würzburg.

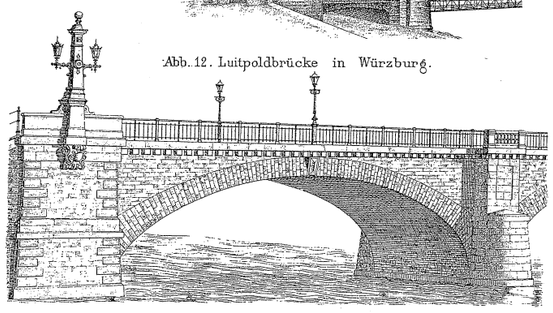


Abb. 13. Neuere Eisenbahnbrücke bei Coblenz.

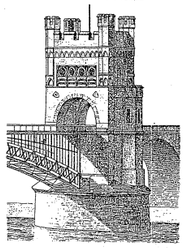


Abb. 14. König-Karl-Brücke bei Cannstadt.

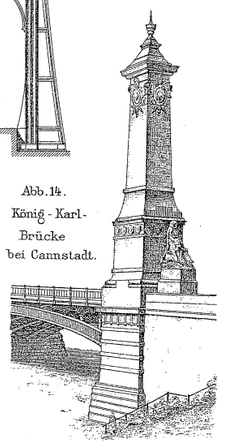


Abb. 15. Schillingsbrücke in Berlin.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Abb. 1a;b. Portal der Salzachbrücke zwischen Oberndorf und Laufen. M. 1:200.

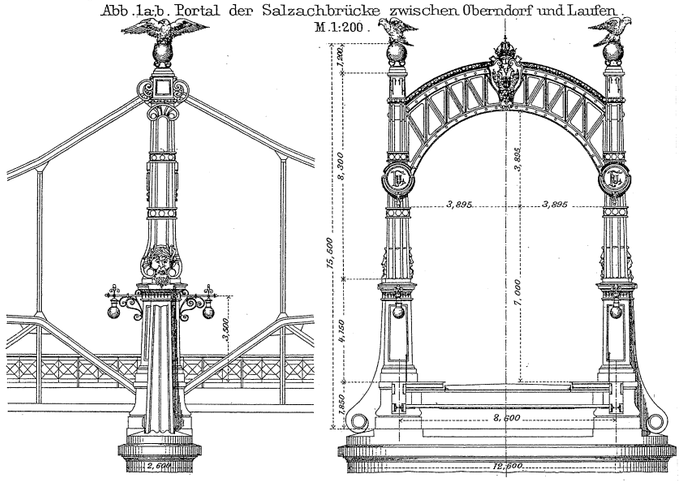


Abb. 2. Entwurf zur Sandkrugbrücke in Berlin. M. 1:50.

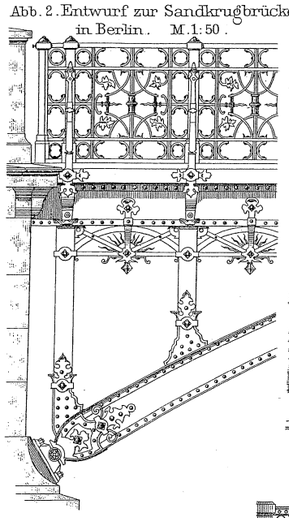


Abb. 3. St. Annenbrücke in Hamburg. M. 1:75.

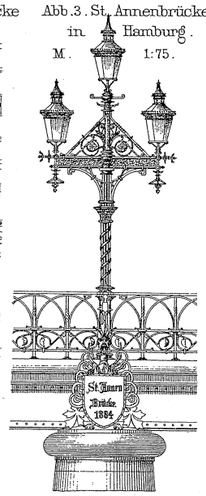


Abb. 4. Rheinbrücke bei Düsseldorf.

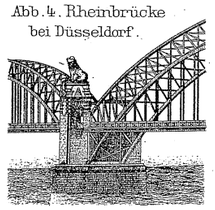


Abb. 5. Elektrische Hochbahn in Berlin am Nollendorfplatze.

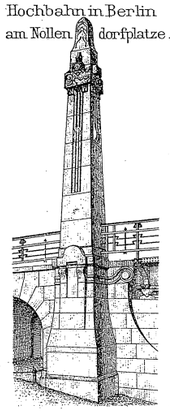


Abb. 6 a,b. Portal des Schlüterstegs in Berlin. M. 1:200.

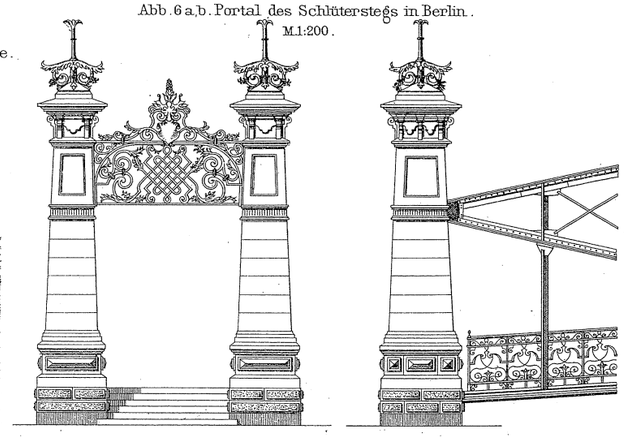


Abb. 11. Rabenbrücke in Strafsburg.

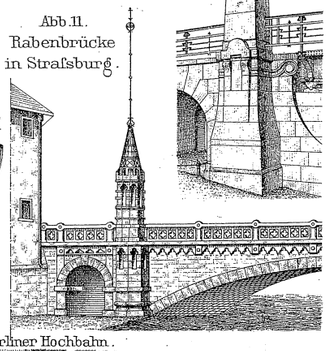


Abb. 12 a,b. Kaiser Franzensbrücke in Prag. M. 1:500.

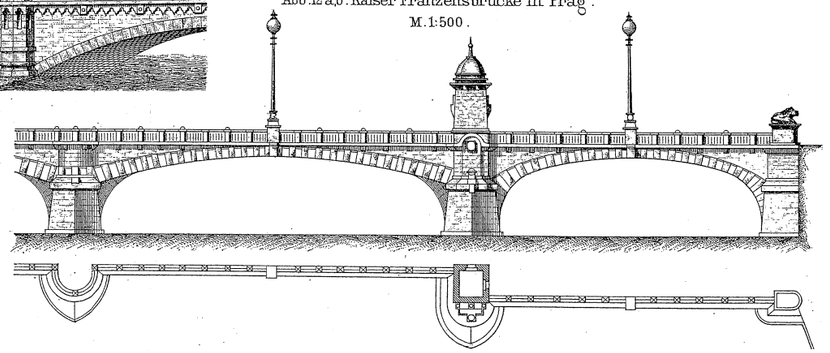


Abb. 7. Brücke S. Trinita in Florenz. M. 1:500.

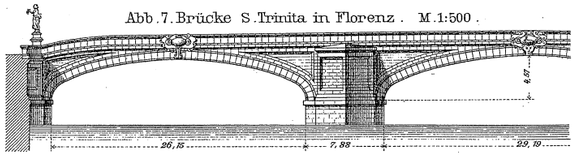


Abb. 14a. Laterne

Abb. 14b. Laterne.

Abb. 10. Brücke im Seepark zu Milwaukee. M. 1:100.

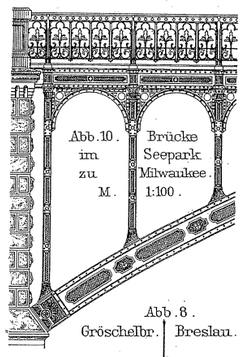


Abb. 15. Berliner Hochbahn.

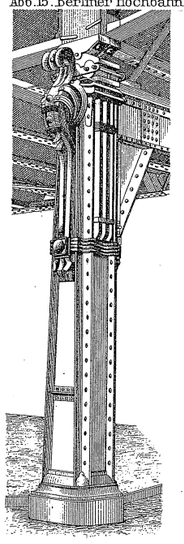


Abb. 16. Geländer der Bonner Rheinbrücke.

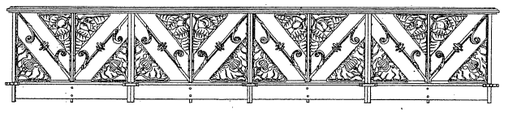


Abb. 13. Strafsenbrücke bei Harburg.

Abb. 9. Mittlere Rheinbrücke in Basel.

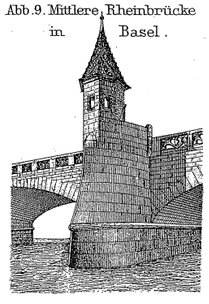


Abb. 14c. Laterne.

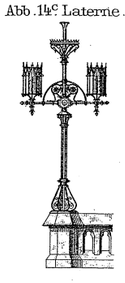


Abb. 14d. Laterne.

Abb. 8. Gröschelbr. Breslau.

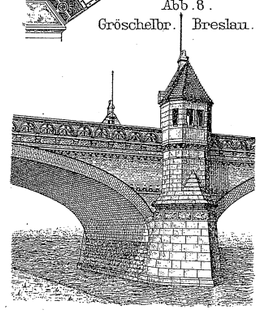
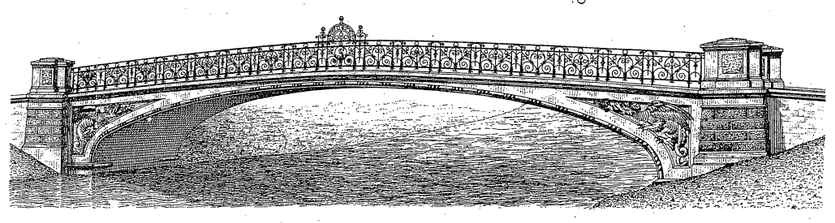


Abb. 17. Drachenbrücke in Braunschweig.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.